

UNIVERZITA KARLOVA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

BIOLOGIE
KATEDRA EKOLOGIE



MORFOLOGICKÁ VARIABILITA KAMERUNSKÝCH STRDIMILŮ

MORPHOLOGICAL VARIATION OF CAMEROONIAN SUNBIRDS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Denisa Bovšková

Školitel: RNDr. David Hořák, Ph.D.

Konzultant: Mgr. Štěpán Janeček, Ph.D.

Praha, 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 15. 8. 2017

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala hned několika lidem. Jelikož je tato práce částečně založena na dlouholetých terénních datech, poděkování patří všem členům expedic, kteří se na sběru dat podíleli. Jmenovitě bych ráda poděkovala svému školiteli Davidu Hořákovi za poskytnutá data a vedení této práce. Další poděkování patří konzultantovi práce Štěpánovi Janečkovi a jeho kolegům z Botanického Ústavu AVČR, kteří se také účastnili sběru terénních dat. Za poskytnutá data bych ráda poděkovala také Janu Riegerotovi z JČU České Budějovice a jeho spolupracovníkům. Všem členům terénních expedic patří velké poděkování za jejich dlouholeté úsilí. Velké poděkování patří Jiřímu Mlíkovskému, který umožnil sběr dat v kolekci Pražského Národního Muzea, a především za cenné rady, konzultace ohledně výběru dalších muzejních sbírek a za velkou pomoc s organizací těchto cest. Poděkování patří také mnoha lidem z naší katedry ekologie, kteří se rovněž podíleli na sběru terénních dat, jmenovitě především Ondrovi Sedláčkovi, který kromě expedic v Kamerunu navštívil také německou sbírku muzea v Bonnu, kde pořídil potřebnou fotodokumentaci. Na závěr bych ráda poděkovala svým rodičům a rodině za podporu, kterou mi poskytovali v průběhu celého studia, stejně jako mým kamarádům, a především příteli Jakubovi za dlouhodobou podporu a pochopení.

Abstrakt

Morfologické znaky podávají informaci o adaptacích studovaného druhu, zdrojích, které využívá, a mohou obecně vypovídat o využívání ekologického prostoru. Vnitrodruhová variabilita znaků odráží různé adaptace lokálních populací, a tak poukazuje na rozdílný způsob života či preferovanou potravu. Předmětem této práce je ekologicky zajímavá skupina specializovaných tropických pěvců – strdimilů (Nectarinidae). Taxon vykazuje řadu přizpůsobení ke specifickému sběru potravy: kombinaci sání nektaru a lovu hmyzu. Předmětem zkoumání je vnitrodruhová variabilita tří habitatově odlišných druhů (*Cyanomitra oritis*, *Cinnyris reichenowi* a *C. bouwieri*) žijících v Kamerunu. Cílem této práce bylo zjistit, v jakých morfologických znacích jsou studované druhy pohlavně dimorfní. Dále zda se liší populace žijící na vzdálených lokalitách. V neposlední řadě pak, jestli lze u všech zkoumaných druhů nalézt podobný trend vnitrodruhové variability znaků, který by mohly mít společné ekologické příčiny. Měřeny byly následující znaky: délka křídla a ocasních per, rozměry zobáku, celková tělesná hmotnost i další znaky. Analýzy jsou založeny na terénních datech sbíraných mezi lety 2003–2015 a na muzejních sbírkách. Celkově se podařilo shromáždit informace o ca. 1200 jedincích, pro 5 lokalit v Kamerunu.

Výsledky prokazují přítomnost pohlavního dimorfismu u všech třech zkoumaných druhů, kdy mají samci větší znaky než samice. Vždy se liší v délce křídla, ocasních per a délce zobáku. Pohlavní dimorfismus je také lokálně variabilní, byl tedy prokázán i v rámci některých lokalit pro různé morfologické znaky. Nejvíce pohlavně dimorfní je druh *C. reichenowi*, kde samci mají delší křídla, ocasní pera i zobák nejen obecně, ale i na všech jednotlivých lokalitách. Některé lokální populace se pohlavně liší i v délce běháku a jako jediný druh také v šířce i výšce zobáku. Na Mt. Oku mají samci *C. reichenowi* i *C. oritis* výrazně delší ocasní pera než samice.

Cyanomitra oritis i *Cinnyris reichenowi* se prokazatelně liší nejen pohlavně, ale také mezilokalitně. Oba druhy se mezilokalitně velmi liší v délce zobáku. Populace obou druhů na Mt. Cameroon mají delší zobák než na všech ostatních lokalitách. Mezilokalitní rozdíly vyšli jako významné i pro další znaky jako je délka křídla, ocasních per, tělesná hmotnost, výška a také šířka zobáku. Pozorované pohlavní i mezilokalitní rozdíly naznačují výraznou prostorovou variabilitu ekologický faktorů všech třech druhů.

Klíčová slova: vnitrodruhová variabilita, strdimilové, Kamerun, pohlavní dimorfismus, geografická variabilita

Abstract

Morphological traits give information about the adaptations of the studied species, the resources, which it uses, and they can generally tell us about the use of ecological space. Intraspecific morphological variability reflects various adaptations of local populations thus variability reflect different way of life. The subject of this thesis is an ecologically interesting group of specialized tropical songbirds - Sunbirds (Nectarinidae). The taxon exhibits number of adaptations to specific food collecting a combination of nectarivory and insect hunting. I focused here on the intraspecific variability of three species (*Cyanomitra oritis*, *Cinnyris reichenowi* and *C. bouwieri*) living in different habitats in Cameroon. The aim of this work was to find out in what morphological characters are this species sexually dimorphic. Furthermore, if their populations living in remote locations differ? Finally, if all studied species show similar trend of intraspecific variability of the traits, which could have common ecological causes. The following traits were measured: wing and tail feather length, beak dimensions, total body weight and other characters. The analysis is based on field data collected between 2003 and 2015 and museum collections. Overall, we collect information about ca. 1200 individuals for 5 locations in Cameroon.

The results confirm the presence of sexual dimorphism in all three, studied species. Males were generally bigger than females. Always vary in wing, tail, and beak lengths. Sexual dimorphism is also locally variable, it has been proven in some locations for different morphological traits. The most sexually dimorphic species is *C. reichenowi*, where males have longer wings, tail feathers and beaks. Some local populations differ sexually in the length of the tarsus and as the only species in the width and height of the beak. At Mt. Oku has a significantly longer tail feather than females of *C. reichenowi* and *C. oritis*.

Cyanomitra oritis and *Cinnyris reichenowi* highly vary not only between sex, but also between local populations. Both species vary greatly in the beak length. Population of both species on Mt. Cameroon has a longer beak than any other locality. Inter-locality differences have emerged as significant for other features such as wing length, tail feathers, body weight, height, and beak width. The observed sexual and geographical differences suggest significant spatial variability of the ecological factors of all three species.

Key words: intraspecific variability, sunbirds, Cameroon, sexual dimorphism, geographical variability

1 Obsah

1	Úvod	3
1.1	Morfologie a její obecný ekologický a evoluční kontext	1
1.2	Koevoluce	4
1.3	Morfologie a specializace	4
1.4	Změna morfologie	5
1.5	Morfologické znaky	5
1.5.1	Celková velikost	5
1.5.2	Morfologie zobáku.....	5
1.5.3	Délka křídel a ocasních per	6
1.6	Geografická variabilita	7
1.7	Pohlavní dimorfismus	9
1.8	Nektarivorie	9
1.9	Zaměření práce	10
2	Cíle práce	11
3	Metodika	12
3.1	Studovaná oblast	12
3.1.1	Bioko	13
3.1.2	Mt. Cameroon.....	13
3.1.3	Rumpi Hills	13
3.1.4	Mt. Kupe	14
3.1.5	Mt. Oku	14
3.2	Modelové druhy	14
3.2.1	Strdimil fialovočelý (<i>Cinnyris bouvieri</i>)	14
3.2.2	Strdimil severní (<i>Cinnyris reichenowi</i>)	15
3.2.3	Strdimil kamerunský (<i>Cyanomitra oritis</i>).....	15
3.3	Sběr dat	17
3.3.1	Terénní část	18
3.3.2	Muzejní část.....	19
3.3.3	Počítačové zpracování	20
3.3.4	Zpracování a analýza dat	22
4	Výsledky	22
4.1	Morfologické vlastnosti <i>Cinnyris bouvieri</i>	23
4.2	Morfologické vlastnosti <i>Cinnyris reichenowi</i>	23
4.3	Morfologické vlastnosti <i>Cyanomitra oritis</i>	23

4.4	Pohlavní dimorfismus.....	24
4.4.1	Pohlavní dimorfismus <i>Cinnyris bouvieri</i>	24
4.4.2	Geografická variabilita v pohlavním dimorfismu <i>Cinnyris bouvieri</i>	24
4.4.3	Pohlavní dimorfismus <i>Cinnyris reichenowi</i>	26
4.4.4	Geografická variabilita v pohlavním dimorfismu <i>Cinnyris reichenowi</i>	26
4.4.5	Pohlavní dimorfismus <i>Cyanomitra oritis</i>	30
4.4.6	Geografická variabilita v pohlavním dimorfismu <i>Cyanomitra oritis</i>	30
4.5	Geografická variabilita	32
4.5.1	Geografická variabilita <i>Cinnyris reichenowi</i>	32
4.5.2	Geografická variabilita samic <i>Cinnyris reichenowi</i>	34
4.5.3	Geografická variabilita samců <i>Cinnyris reichenowi</i>	35
4.5.4	Geografická variabilita <i>Cyanomitra oritis</i>	40
4.5.5	Geografická variabilita samic <i>Cyanomitra oritis</i>	42
4.5.6	Geografická variabilita samců <i>Cyanomitra oritis</i>	43
5	Diskuze	46
5.1	Porovnání muzejních a terénních dat	46
5.2	Obecný pohlavní dimorfismus	47
5.3	Lokální pohlavní dimorfismus	48
5.4	Geografická variabilita	50
6	Závěr.....	55
7	Seznam použité literatury	56

2 Úvod

2.1 Morfologie a její obecný ekologický a evoluční kontext

Morfologické znaky jsou měřitelné charakteristiky jednotlivých tělních struktur. Vysvětlením různého vzhledu znaků může být celá řada příčin ať už evolučního či ekologického rázu, nebo jejich kombinace (Chaves et al. 2007). Morfologické znaky nám také podávají informaci o zdrojích, které jsou využívány v rámci ekologického prostoru. Tělní znaky poukazují na adaptace k životu v určitém prostředí, a také k jejich způsobu života v něm (MacArthur 1958, Lara et al. 2015). Poznat můžeme preferovanou potravu a způsob jejího získávání (Gill & Wolf 1975, Cotton 1998). Dva druhy využívající podobné prostředí, si budou podobnější na základě způsobu jeho využití (MacArthur 1958). Morfologické adaptace umožňují soužití druhů na jednom místě a snižují jejich vzájemnou konkurenci (Temeles et al. 2000, Radford & Du Plessis 2003, Temeles et al. 2010). Na jedné lokalitě tak můžeme najít příbuzné druhy rozdílných morfologických znaků, zatímco nepříbuzné druhy mohou vypadat vlivem prostředí podobně (Chaves et al. 2007), zásadní význam ukazuje změna morfologie v rámci vnitrodruhové variability.

Hlavní předmětem koexistence je sdílení prostoru a jeho zdrojů, ty jsou často limitované (MacArthur 1958, Freeman 2014). Druhy i jedinci neustále soupeří o biotop, místo k hnízdění nebo partnera. Velmi častým důvodem konkurence je potrava (Paton & Collins 1989). Rozdílné chování nebo ekologie ovlivňuje právě morfologický vzhled jedinců nebo celých skupin a je tak příčinou mezidruhové i vnitrodruhové variability. Každý morfologický znak má obvykle některou primární úlohu, které je přizpůsoben, znak také může být pozůstatkem evolučního vývoje (Chaves et al. 2007). Z tohoto důvodu jsou zajímavé výrazně specializované skupiny, které často mají i výrazně specializované morfologické znaky (Rocca & Sazima 2010).

Specializace je důležitým ekologickým jevem, který ovlivňuje různé ekologické úrovně od jedince až po celá společenstva (Devictor et al. 2010). Specializaci najdeme nejen mezidruhově, ale i na úrovni lokálního a pohlavního dimorfismu. Ten se může projevovat v preferovaném typu či druhu potravy nebo způsobu jejího získávání. Pohlavní dimorfismus jak ve velikosti znaků, tak i v jejich tvaru ovlivňuje potravní chování mnoha druhů (Selander 1966, Freeman 2014). Například rozdíly v potravním chování mezi pohlavím jsou vázány na dimorfismus morfologie zobáku (Selander 1966, Temeles et al. 2000, Freeman 2014). Jeho rozdílný tvar umožňuje specifické chování vázané na určitý typ potravního zdroje. Specializace a rozdělení potravních zdrojů tak může snižovat nejen mezidruhovou, ale i vnitrodruhovou kompetici (Temeles et al. 2000, Radford & Du Plessis 2003, Temeles et al. 2010).

2.2 Koevoluce

Ekologicky zajímavá je u ptáků potravní specializace na příjem nektaru. Adaptacemi k nektarivornímu způsobu života jsou často specifická morfologie zobáku, obvykle se jedná o určitý stupeň zakřivení nebo prodlouženou délku. Dlouhý jazyk s různými výrůstky a poměrně malé tělo v porovnání s ostatními druhy ptáků (Stiles 1981). Stejně jako jejich další znaky jsou tyto morfologické podobnosti i odlišnosti nektarivorních skupin předmětem zájmu o pochopení těchto vztahů a jejich evoluce, stejně jako samotná ekologie těchto skupin (Collins & Paton 1989, Fleming 2005, Fleming & Muchhala 2008, Stiles 1981).

Zaměříme-li se na zdroj nektaru, najdeme mnoho rostlinných druhů, které nektar produkují. Jejich květy mohou mít různé zbarvení, ale především velikosti a tvary, na které jsou často vázané specifické skupiny opylovačů nebo jednotlivé opylující druhy (Feinsinger 1976, Subramanya & Radhamani 1993). Všechny květy tak nejsou ideálním potravním zdrojem všem opylovačům (Feinsinger 1976). Tato specializace na danou živnou rostlinu, může zasahovat až do koevoluce mezi opylovačem a rostlinným druhem (Feinsinger 1976, Cotton 1998, Temeles et al. 2009) často pouze na lokální úrovni. Tento vztah může fungovat i na úrovni pohlaví, kdy mohou samci a samice využívat rozdílné rostlinné druhy (Temeles et al. 2000). Tak může docházet k posunu morfologických znaků rostlin i opylovačů nebo různým změnám chování populací nebo pohlaví (Feinsinger 1976). Tento jev je znám především u kolibříků (Temeles et al. 2000). Koevoluce s živnou rostlinou se často odráží v morfologii ptačího druhu (Feinsinger 1976).

2.3 Morfologie a specializace

Nektar-produkující rostliny najdeme napříč velkou škálou biotopů od tropických lesů až po polopouštní biotopy, stejně jako zástupce nektarivorních skupin (Mann & Cheke 2010). I přes velkou nabídku nektar-produkujících rostlin je tedy nektar limitovaným zdrojem, s velkým množstvím konkurentů (Feinsinger 1976). Specializace je tedy hlavním ekologickým jevem, který zásadně ovlivňuje fungování na úrovni jedince až po celá společenstva. Specializace je výrazná především u kolibříků a strdimilů (Subramanya & Radhamani 1993, Rocca & Sazima 2010). Na jednom místě tak mohou druhy a jedinci koexistovat, protože každý využívá specifické druhy rostlin (Feinsinger 1976, Devictor et al. 2010). V extrémních případech může nektar čerpat pouze jeden nebo dva specifické druhy (Feinsinger 1976, Temeles et al. 2000, Zanata et al. 2017), tento vztah může platit pouze v některých oblastech výskytu ptačího druh, zatímco jinde může docházet k využívání jiných živných druhů (Bartoš et al. 2012).

2.4 Změna morfologie

Koevoluce se často projevuje extrémní změnou morfologie. Vzhled tělesných struktur je tedy zřetelným odrazem adaptací především u výrazně specializovaných druhů. Méně adaptované druhy nebo populace mají znaky v porovnání méně nápadné (Feinsinger 1976, Paton & Collins 1989, Prum et al. 2015). Důležitá je nejen celková morfologie, ale zcela zásadní význam má i morfologie samotných tělesných struktur. Vlastnosti jednotlivých znaků ovlivňují například rychlost pohybu mezi zdroji potravy, schopnost čerpat nektar nebo ho chránit (Collins & Paton 1989). Adaptace umožňují získávat potravu z jinak nedostupných zdrojů, nebo zdrojů, které mají lokální charakter (Gill & Wolf 1975, Bartoš et al. 2012, Janeček et al. 2015). Adaptace poskytují konkurenční výhodu a umožňují vzájemnou koexistenci (Gill & Wolf 1975).

2.5 Morfologické znaky

2.5.1 Celková velikost

Základním morfologickým znakem je celková velikost. Velikost ostatních znaků je k ní často poměrově vázaná, není na ní však přímo závislá. Celková velikost ovlivňuje koexistenci druhů (Brown et al. 1978), ale je zcela zásadní i v rámci vnitrodruhové variability. Velikost je vázána na fyziologické vlastnosti či etologii například ve formě teritoriality. Větší druhy mají bohatší a agregovanější zdroje, než druhy menší (Carstensen 2011). Spojitost menších druhů s chudšími zdroji nebo jejich nižší abundancí potvrzují i další autoři (Gill & Wolf 1975, Cotton 1998). Podle Carstense (2011) může mít menší druh také větší altitudální i geografické rozšíření, díky schopnosti koexistence s dalšími druhy. Menší jedinci mají nižší energetické výdaje na pohyb mezi jednotlivými potravními zdroji (Gill & Wolf 1975, Cotton 1998). Naopak vyhledávání květů je pro velké jedince výrazně nákladnější. Větší druhy nebo jedinci jsou také dominantnější, atak obhájí i výhodnější rostliny (Brown et al. 1978). Menší pak navštěvují rostliny, které rostou více rozptýleny a jsou tak pro větší jedince z energetického hlediska nezajímavé (Gill & Wolf 1975, Cotton 1998, Carpenter 1978). Tyto vztahy fungují i navzájem také mezi různými nektarivorními skupinami (Gill & Wolf 1975, Cotton 1998, Carstensen 2011). Například větší druhy kysráčků, mohou sdílet prostor s menšími druhy strdimilů. Větší ptáci jsou zároveň často více specializovaní (Carpenter 1978). Rozdílná velikost může tedy umožňovat separaci ekologického prostoru, a tak i jeho sdílení v druhových i vnitrodruhových kontextech (Brown et al. 1978).

2.5.2 Morfologie zobáku

Příjem nektaru nejvíce ovlivňuje tvar a velikost zobáku (Gill & Wolf 1978, Paton & Collins 1989). Jeho délka určuje, možnou hloubku korunní trubky, z které lze získat nektar (Paton & Collins 1989). Skupiny rostlin opylované dlouhozobými a krátkozobými ptáky se výrazně liší v délce korunní

trubice (Lara et al. 2001, Geertsand & Pauw 2009). Je-li květ delší, může nektar získat pomocí delšího jazyka, ale za výrazně snížené efektivity (Paton & Collins 1989). Naopak získat nektar z květů s krátkým kalichem je snadné i pro druhy, které mají zobák dlouhý (Gill & Wolf 1975, Temeles et al. 2009). Druhy s krátkou délkou zobáku mají větší sklony k návštěvám širšího druhového spektra rostlin, kde mohou získat nektar a ke druhovému generalismu (Paton & Collins 1989). Naopak specializovaný druh s dlouhým zobákem může být nenahraditelným a jediným opylovači daných rostlinných druhů. Rostliny s krátkým kalichem obsahují zároveň menší množství cukrů, nejsou tedy tak výhodným zdrojem (Geertsand & Pauw 2009).

U specializovaných ptačích skupin se liší také tvar zobáku. Podle Patona a Collinse (1989) mají strdimilové a medosavky zahrnutý zobák ve směru k zemi, naopak novosvětští kolibříci mají zobáky rovné nebo mírně zahnuté směrem vzhůru. Zakřivení zobáku často kopíruje tvar květu živné rostliny, a to především u úzce specializovaných druhů (Paton & Collins 1989). Liší se i struktura jazyka, tu mají tyto rozdílné skupiny odlišnou (Paton & Collins 1989). Vysvětlením může být způsob získávání nektaru, který se u těchto skupin liší. Ptáci s dlouhým zobákem mají i delší jazyk, jsou tak schopni pojmout větší objem nektaru, získají tedy i více nektaru vzhledem ke své relativní spotřebě než druhy malé (Schlamowitz et al. 1976, Paton & Collins 1989).

Parametry zobáku také ovlivňují teritorialitu a agresivitu. Dlouhozobé druhy jsou méně teritoriální. Pravděpodobně díky snížené konkurenci na živných rostlinách s dlouhou korunní trubkou (Paton & Collins 1989), ale například přítomnost teritoriálního dlouhozobého strdimila zlatoprsého (*Anthobaphes violacea*) snížila přítomnost krátkozobých druhů na rostlinách s dlouhými květy (Geertsand & Pauw 2009).

Někteří jedinci jsou schopni získat nektar i z rostlin s kalichem delším, než je délka jejich zobáku. Takovou strategií je například loupeživá metoda některých druhů strdimilů, kdy dochází k probodnutí květu ve spodní části a délka zobáku tak neovlivňuje schopnost získat nektar (Geertsand & Pauw 2009, Janeček et al. 2011). Pták nepřijde do kontaktu s pylem a znevýhodňuje tak i danou rostlinu (Lara et al. 2001, Janeček et al. 2011). Ptáci adaptovaní na tyto dlouhé květy, je mohou bránit jako svůj specializovaný zdroj a mohou zabráňovat loupeživé metodě krátkozobých druhů (Geertsand & Pauw 2009).

2.5.3 Délka křídel a ocasních per

Rozdíl v morfologii nemusí být vázán pouze na celkovou velikost. Specifická je u těchto specialistů morfoekologie dalších částí těla jako například křídel nebo zadních končetin. Morfologie křídla ovlivňuje rychlost přemísťování mezi rostlinami atak i preference různých abundancí potravních zdrojů. Preference různě abundovaných zdrojů má vliv na dominanci druhu (Collins & Paton 1989),

stejně jako na tendence hájit teritorium či bojovat s ostatními jedinci (Radford and Du Plessis 2003).

Za nejlépe adaptovanou nektarivorní skupinu jsou považováni kolibříci. Většina studií se zabývá právě ekologií kolibříků, o kterých je vypracované velké množství prací např. Feinsinger 1976, Paton & Collins 1989. Kolibříci mají pohybový aparát přizpůsoben tzv. vířivému letu (Rocca & Sazima 2010), který byl donedávna považován za unikátní schopnost specifickou pro tuto skupinu. Vířivý let umožňuje změna morfologie křídel, díky které mohou kolibříci mávat křídly vysokou rychlostí a udržet tělo ve stabilní poloze v průběhu sání nektaru (Feinsinger 1976, Paton & Collins 1989). Kolibříci mají tedy drobné zadní končetiny, naopak strdimilové mají končetiny dobře vyvinuté a v průběhu sání nektaru sedí. Některé rostliny jsou proto vybaveny speciálními strukturami, které sání v sedě umožňují (Rocca & Sazima 2010, Janeček et al. 2011). Rostlinné druhy navštěvované strdimily mají obvykle z tohoto důvodu specializovaná bidýlka nebo se lze usadit na některé z rostlinných částí, která umožňuje přístup k nektaru (Geerts & Pauw 2009, Rocca & Sazima 2010, Janeček et al. 2011). Poslední výzkumy ukazují, že jsou si kolibříci a strdimilové o mnoho podobnější, než se dříve myslelo (Janeček et al. 2015). Nově bylo sání v letu objeveno i u některých druhů strdimilů, ty tak mohou využívat i nektar z květů, které bidýlko nemají například zástupci rodu *Impatiens* (Janeček et al. 2011, Bartoš & Janeček 2014, Janeček et al. 2015). Tato schopnost umožňuje získávat nektar z širšího spektra rostlin a může mít zásadní dopad na morfologii křídel a ocasních per.

2.6 Geografická variabilita

Některé znaky jako například délka zobáku vykazují často i velkou geografickou variabilitu. U některých druhů kystráček se délka zobáku liší jak podle geografického výskytu na pevnině, tak mezi jednotlivými populacemi na ostrovech (Paton & Collins 1989), stejně jako znaky některých kolibříků (Temeles et al. 2000, Chaves et al. 2007). Geografickou variabilitu najdeme ve velké míře i u dalších ptáků jako například bulbula malého (*Andropadus virens*), kde se populace liší mezi lesnatými oblastmi Kamerunu a mozaikovitou krajinou savan a lesů, která má ekotonový charakter. V mozaikovité krajině měli ptáci větší velikost, delší křídla, delší běhák a také větší hloubku zobáku, naopak délka zobáku se mezi lesnatou a ekotonovou oblastí nelišila (Smith et al. 2005).

Zajímavé jsou populace kolibříka mozaikového (*Adelomyia melanogenys*) z oblasti And, které žijí jak geneticky odděleně, ale v podobném prostředí, tak za přítomnosti genového toku v různých biotopech. Geneticky propojená pobřežní populace tohoto kolibříka, se od jeho horské populace morfologicky liší v délce zobáku. Tu mají pobřežní ptáci delší. Změna je zapříčiněna

pravděpodobně velkým rozdílem v obývaném biotopu, což ukazuje na velký selekční tlak ze strany prostředí ovlivňující fenotyp i přes velký genový tok (Chaves et al. 2007). Naopak i zcela oddělené populace mohou zůstat morfologicky velmi podobné v případě, že obývají podobné prostředí. U tohoto kolibříka žijí na obou stranách And dvě zcela oddělené populace, které se morfologicky neliší. Obě populace obývají horský mlžný les (Chaves et al. 2007). Druh strdimila *Nectarinia jugidaris* dokonce vykazuje geografickou variabilitu v délce zobáku, která mezi několika ostrovy činní až 8 mm (Paton & Collins 1989). Změna morfologie však může být pouze lokální, v místech s výskytem rostlinného druhu vhodného ke specializaci, může dojít k prodloužení zobáku. Především v oblastech hor, může být výskyt jednoho druhu ostrůvkovitý nebo endemický, lze tak na různých místech najít různě specializované populace nebo jejich stupeň jako je tomu například u netykavky *Impatiens hians* a zde studovaným strdimilem *Cyanomitra oritis* (Janeček et al. 2015).

Geografická variabilita je u některých druhů výrazná i přes velký genový tok (Smith et al. 1997, Smith et al. 2005). Morfologická změna tedy může být důsledkem silného selekčního tlaku zapříčiněným prostředím. Morfologické rozdíly i genový tok ukazují takový výsledek například v Kamerunu u bulbula malého (*Andropadus virens*), který se liší mezi lesnatou oblastí a ekotonem (přechodová zóna mezi africkým deštným pralesem a savanou). I přes vysoký tok genů jsou populace morfologicky odlišné a rozdíly mezi stanovišti jsou stejně velké jako mezi příbuznými druhy (Smith et al. 1997).

Geografická izolace tedy často jde ruku v ruce s různými adaptacemi, ale výsledky ukazují, že geograficky vázané adaptace mohou vznikat i při kontaktu původních populací. Přirozený výběr tak může hrát rovněž důležitou roli v utváření biodiverzity a morfologie na základě silných selekčních tlaků (Smith et al. 1997, Smith et al. 2005, Chaves et al. 2007). Geografická variabilita může být výrazná i ze strany živných rostlin, proto mohou být adaptace ptačího druhu geograficky odlišné nebo může mít geograficky odlišné potravní preference. Ptačí druh s pohlavně dimorfní délkou zobáku, může být specializován na dva druhy živných rostlin, z něhož každé pohlaví využívá jednu z rostlin. I tento vztah může být lokálně vázaný. V oblastech kde se vyskytuje pouze jeden z původních druhů rostlin, rostlina utváří dva typy květů, které mají pohlaví rovněž rozděleny (Temeles et al. 2000). Vlastnosti prostředí tedy mohou mít zásadnější dopad na morfologické vlastnosti než genový tok (Smith et al. 1997, Smith et al. 2005, Chaves et al. 2007).

Další významný faktor ovlivňující morfologii je prostředí. Důležitý je nejen typ biotopu, druhové složení, ale i jeho struktura (Kramer 1975). Detailní parametry prostředí, které druh využívá, mohou morfologii zásadně formovat. Význam má struktura prostředí, ale i dostupnost potravy a její forma, která má výrazný dopad na mezidruhovou, ale především vnitrodruhovou

variabilitu. Významně se může měnit z hlediska vyhledávání potravy. Kromě nektaru tvoří doplňující část potravy bezobratlí. Ti jsou malou potravní složkou, nicméně jsou její nepostradatelnou součástí. I získávání této potravy může být velmi druhově i mezidruhově odlišné. Lišit se může nejen druhové složení, ale také způsob lovu (Kramer 1975, Rocca & Sazima 2010), tak tomu bylo zjištěno například u populace menší *Cyanomitra verticalis*, která sbírá na kmenech a větvičkách pavouky, larvy cikád, zatímco *Nectarinia kilimensis* z letu loví mravence, včely, tiplice a další létavý hmyz (Kramer 1975). U strdimila *Cyanomitra olivacea* najdeme několik populací spojených genovým tokem. Každá populace vykazuje specifický biotop a zároveň vykazuje jisté morfologické odlišnosti. Jejich zachování v rámci propojených populací silně naznačuje vliv faktorů prostředí na specifickou morfologii (Smith 2011). Tyto jevy jsou podpořeny velkým stupněm endemismu především v horských oblastech (Reif et al. 2007).

2.7 Pohlavní dimorfismus

Velmi časté jsou i rozdíly mezi pohlavím, a to jak v celkové velikosti, tak v morfologii jednotlivých morfologických znaků (Rocca & Sazima 2010). U nektarivorních ptáků najdeme pohlavní dimorfismus především v délce zobáku (Feinsinger 1976, Temeles et al. 2000). To poukazuje na rozdílný zdroj potravy a lepší koexistenci obou pohlaví. U některých druhů dochází k vymezení rozdělení potravních zdrojů právě na základě specifické délky zobáku jako například u kolibříka nachovohrdlého (*Eulampis jugularis*), kde každé pohlaví navštěvuje jiný druh rostliny rodu *Heliconia*. (Temeles et al. 2000). U strdimilů a kystráček mají obecně delší zobák samci (Gill & Wolf 1978, Paton & Collins 1989). U kolibříků mají delší zobák naopak samičky (Gill & Wolf 1978, Paton & Collins 1989, Temeles et al. 2000). V některých případech se délka zobáku u kolibříků neliší. U většiny zkoumaných druhů najdeme mezipohlavní rozdíl v délce zobáku minimálně jeden milimetr v závislosti na druhu (Gill & Wolf 1978, Paton & Collins 1989). Některé rostliny dokonce utvářejí dva morfo-typy, jeden navštěvují samice druhý samci jako například *Heliconia bihai* (Temeles et al. 2000). Pohlavní dimorfismus se u nektarivorů projevuje i na dalších morfologických znacích (Brown et al. 1978, Carpenter et al. 1983, Temeles et al. 2000).

2.8 Nektarivorie

Rostlinný nektar je energeticky velmi bohatá strava, pravděpodobně proto, se na ni zaměřilo hned několik ptačích skupin (Yanega & Rubega 2004). Jedná se o několik fylogenetických skupin a najdeme je především v tropických oblastech, kde je nektar dostupný v průběhu celého roku (Gill & Wolf 1978). V ostatních případech je sezónní nedostatek nektaru kompenzován migrací (Carpenter et al. 1983, Wethington & Russell 2003). Přestože je nektar vysoce atraktivní z hlediska energie, jeho složení je velmi nevyvážené, a postrádá esenciální aminokyseliny. Proto musí

nektarivorní ptáci doplňovat potravu o látky získané požíváním hmyzu, ten je významný především v období rozmnožování (Gill & Wolf 1978, Yanega & Rubega 2004). K hlavním nektarivorním skupinám patří novosvětští kolibříci patřící do skupiny svišťounů (Apodiformes, Trochilidae, 363 druhů). Další skupinou jsou strdimilové (Passeriformes, Nectariniidae, 132 druhů). Další starosvětskou skupinou jsou kromě strdimilů, kystráčky (*Meliphagidae*, 175 druhů) patřící také mezi zpěvné ptáky (del Hoyo et al. 2016, Fleming & Muchhala, 2008, Stiles, 1981). Zástupci těchto skupin jsou si i přes svou nepříbuznost nápadně podobní, a jsou považovány za nejvíce specializované ptačí skupiny, jejichž potravním zdrojem je nektar. Podobnost jejich morfologie i chování vznikla u těchto skupin nezávisle konvergentním vývojem jako adaptace spojené s tímto specifickým způsobem výživy (Zanata et al. 2017). Nektarem se živí i další skupiny ptáků, například leskoptve (Passeriformes, Cinnyricinclus) a některé skupiny papoušků (loriové např. rod *Trichoglossus* a netopýříci *Loriculus*).

2.9 Zaměření práce

Tato práce se zabývá ekologicky zajímavou skupinou tropických pěvců – strdimilů (Nectarinidae), která vykazuje řadu přizpůsobení ke specifickému sběru a druhu potravy. Všichni zástupci této skupiny jsou potravními specialisty. Jejich hlavní složkou potravy je rostlinný nektar, menší částí potravních zdrojů jsou různé druhy bezobratlých. Předmětem této diplomové práce jsou tři zástupci strdimilů (*Cyanomitra oritis*, *Cinnyris reichenowi* a *C. bouwieri*) různých habitatových preferencí.

Strdimilové jsou skupina pěvců obývajících kontinenty tzv. Starého světa. Centrem výskytu této skupiny je cílová oblast této práce, tedy oblast okolo Guinejského zálivu. Převážná většina studií se zabývá strdimily z Kapské oblasti, naopak v centru jejich výskytu je výzkumů malé množství (Bartoš et al. 2012). Jedná se tedy o málo prozkoumané druhy, kterým doposud byla věnována pouze malá pozornost. Většina aktuálních studií však přináší zajímavé výsledky ohledně mnoha aspektů jejich života. I přes zajímavé ekologické vztahy, velkou geografickou variabilitu a výskyt v zajímavé, avšak rychle ubývajícím prostředí víme o těchto druzích pouze kusé informace.

Analýzy jsou založeny na terénních datech sbíraných od roku 2003, které jsou výsledkem dlouhodobé spolupráce několika pracovišť (Katedra ekologie PřF UK, JČU České Budějovice a Botanického ústavu AVČR). Druhou část dat tvoří měření získaná ve sbírkách několika evropských muzeí (Anglie, Německo a Česká republika). Celkově se podařilo shromáždit informace o cca. 1100 jedincích pro 5 lokalit v Kamerunu. Ty jsou zajímavé svým původem, rozdílnou lokací vzhledem k pobřeží Guinejského zálivu i převážně bodovým výskytem v okolní nížině, tvořícím horské ostrovy. Morfologie obvykle odráží znaky spjaté se získáváním potravy, stejně jako například

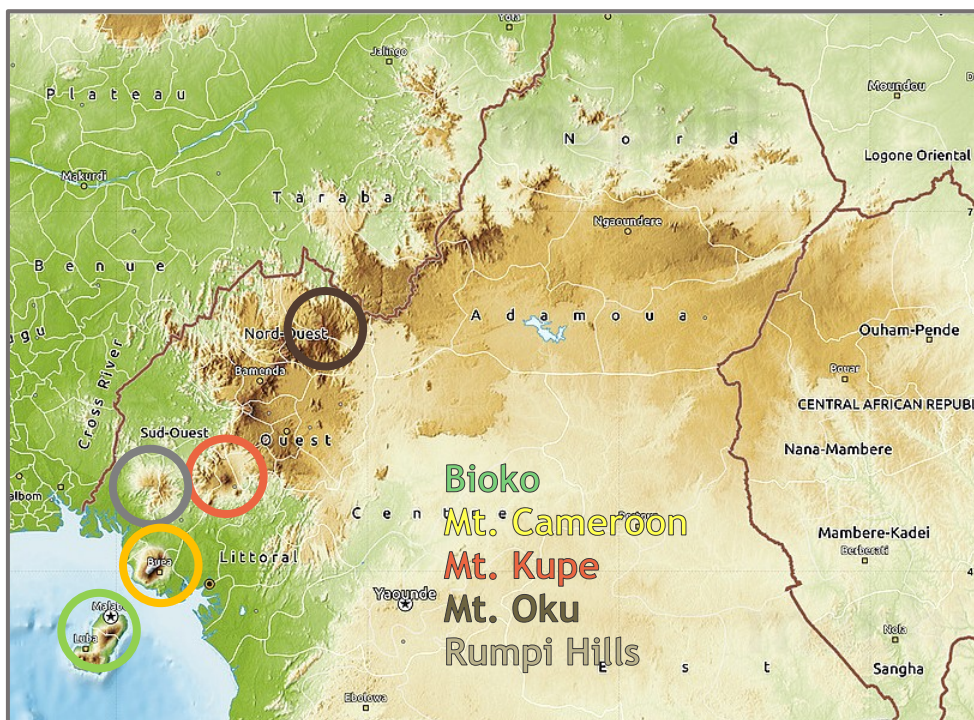
letové schopnosti. Adaptace u nektarivorních druhů nacházíme především ve spojitosti s potravou a jejím získáváním, i u těchto druhů je předpoklad takový. Odráží specializace a umožňuje specifickou koexistenci druhů nebo pohlaví na jednom místě, pohlavní výběr a ukazuje i rozdílné ekologické vztahy určitých populací. Tato práce se zabývá morfologickým charakterem těchto tří druhů a jejich vnitrodruhovou variabilitou jak v rámci pohlaví a v rámci lokalit.

Cílem této práce bylo prozkoumat vnitrodruhovou variabilitu těchto tří druhů, zjistit v jakých znacích jsou druhy pohlavně dimorfní. Dále zde najdeme u těchto druhů rozdíly mezi populacemi na vzdálených lokalitách. V neposlední řadě pak, jestli lze u všech zkoumaných druhů nalézt podobný vztah.

3 Cíle práce

Předmětem zkoumání této diplomové práce je vnitrodruhová variabilita v morfologii tří habitatově odlišných druhů strdimilů: strdimila fialovočelého (*Cinnyris bouwieri*), strdimila severního (*C. reichenowi*) a strdimila kamerunského (*Cyanomitra oritis*) žijících v Kamerunu. Na terénních a muzejních datech, si práce klade za cíl:

1. Popsat morfologii málo prostudovaných druhů
2. Porovnat muzejní měření a hodnoty získané na živých jedincích
3. Testovat mezidruhové rozdíly v pohlavním dimorfismu
4. Testovat geografickou variabilitu v morfologii jednotlivých druhů



Obrázek 1: Mapa horského pásma Kamerunu s vyznačenými lokalitami

4 Metodika

4.1 Studovaná oblast

Data byla sbírána v oblasti Kamerunu a jeho příhraničních oblastech. Kamerun má území o rozloze 475,440 km² a sahá od pobřeží Guinejského zálivu po jezero Čad. Celé území se dělí do pěti geografických zón, které kopírují hlavní klimatické a vegetační režimy Afrického kontinentu. Území Kamerunu pokrývají z asi 1,3 % vodní plochy. Díky klimatickým pásmům je nazýván Afrikou v malém. Jedná se o oblast pobřežního klimatického pásu, jižní nížinnou plošinu, severnější jižní lesnatou plošinu, severně položené savany a pro tuto diplomovou práci nejvíce zajímavá oblast – horské pásmo položené na západě Kamerunu (Neba 1987).

Geologická historie Kamerunu začíná před 3,5 až 2,5 miliardami let. Různé fáze vývoje jsou ilustrovány různými geologickými celky. Geologické části byly vytvořeny během po sobě jdoucích orogenních cyklů charakterizovaných formováním horských celků (Toteu et al. 2004). Hlavním geologickým rysem země, je pás Kamerunských sopečných pohoří, který najdeme v západní části Kamerunu. Pás pohoří se rozkládá na území 1600 km a směřuje z Atlantského oceánu severovýchodním směrem, kde vstupuje do vnitrozemí a tvoří dlouhý pás vulkanických masivů (Aka et al. 2004, Asaah et al. 2014). Vulkanická činnost zde především v období od oligocénu až do současnosti utvořila také velké množství kráterů a jezer (Marzoli et al 2015, Kusakabe 2015, Aka 2015).

Tato hornatá oblast je hlavním předmětem této práce. Oblast je složena z několika vzdálených hor a pohoří, které tak poskytují dobrý podklad pro zkoumání ekologických procesů. Hornatá oblast je izolovaná okolní rozsáhlou nížinou, v případě ostrovů mořem (Marzoli et al. 2015, Kusakabe 2015, Aka 2015). V práci je zahrnuto těchto pět oblastí (obrázek 1):

- ostrov Bioko
- hora Mt. Cameroon
- oblast hory Mt. Kupe
- oblast hory Mt. Oku
- pohoří Rumpi Hills



Obrázek 2: Mapa Kamerunu

4.1.1 Bioko

Ostrov Bioko se nachází jihozápadním směrem od pobřeží Kamerunu a patří k Rovnickové Guinee. Na rozdíl od sousedních ostrovů se jedná o kontinentální šelfový ostrov, který byl donedávna propojen s Africkou pevninou (Jones 1994). Rozloha ostrova činí 2019 km² (Zafra-Calvo et al. 2010). Díky dřívějšímu spojení s pevninou má ostrov Bioko velkou druhovou diverzitu, zároveň nižší úroveň endemismu než striktně oceánské sousední ostrovy jako např.: Príncipe a São Tomé (Jones 1994). Ostrov Bioko je tak vhodnější pro porovnání s pevninskými lokalitami díky částečně sdílenému druhovému výskytu. Najdeme zde různá vegetační pásma, pobřežní typ vegetace se vyskytuje do nadmořské výšky 800 m. n. m., ten střídá nížinný deštný les, na jižní straně ostrova je nahrazen monzunovým lesem, který se vyskytuje do výšky 1000 m. n. m. Dalším vegetačním pásmem je horský deštný les, který se nachází do výšek 1800 m. V nadmořských výškách nad 2500 m. n. m. najdeme vegetaci subalpínských luk, která se vyskytuje až k vrcholu ostrova ve výšce 3011 m. n. m. (Zafra-Calvo et al. 2010). Ostrov Bioko je jediná ostrovní lokalita zahrnutá v této práci, data pro tuto lokalitu byla získána v muzejních kolekcích. Na ostrově žije 33 druhů obojživelníků, 50 druhů plazů, 65 druhů savců. Ptáci jsou zde zastoupeni 191 druhy (Zafra-Calvo et al. 2010).

4.1.2 Mt. Cameroon

Mt. Cameroon je se svými 4095 m. n. m. nejvyšší horou Kamerunu. Mt. Cameroon neboli Mt Fako je zároveň jeden z nejvyšších afrických vrcholů vulkanického původu. Kamerunská hora se nachází na pobřeží Guinejského zálivu, kde tvoří samostatně stojící vrchol (DeLancey & DeLancey 2000). V příbřežních oblastech na úpatí hory je roční úhrn srážek více jak 10 000 mm, v severovýchodní části hory jsou srážky nižší (2000 mm/rok). Hora se zvedá od pobřežní úrovně, kde se v nadmořské výšce okolo 200 m. n. m. nachází nížinný les. Vegetace montánního typu se na Mt. Cameroon nachází na přímořské straně v nižších nadmořských výškách než na straně odlehlé od moře, příčinou jsou pravděpodobně časté mlhy a velká oblačnost (Graham et al. 2005). V nadmořských výškách mezi 1400–2500 m. n. m. najdeme horský deštný les (Smith et al. 2000). Najdeme zde vysokohorské neporušené lesy, ačkoliv lesní okraje jsou různou mírou degradovány požáry a zemědělstvím (Graham et al. 2005). Hora je stále aktivní vulkán, poslední erupce proběhly v roce 2000. Za posledních 100 let došlo k sedmi erupcím (Suh et al. 2003, Yokoyama et al. 2007). Proto je možné vidět les v různých fázích regenerace po sopečném výbuchu (Smith et al. 2000).

4.1.3 Rumpi Hills

Nejnižší pohoří zahrnuté v této diplomové práci dosahující altitudy 1768 m. n. m. Je položeno severně od hory Mt. Cameroon a na západ od hory Mt. Kupe (Smith et al. 2000). Data efektivně pokrývají pouze jeden ze zkoumaných druhů (*Cyanomitra oritis*) a jsou založena na měření v muzejních sbírkách.

4.1.4 Mt. Kupe

Mt. Kupe je součástí pohoří Bakossi Mountains, jehož je nejvyšším bodem. Bakossi Mountains několika vrcholy překračují nadmořskou výšku 1500 m. n. m. Oblast je výrazně členitá a vrchol Mt. Kupe leží odlehle jihozápadním směrem. Mt. Kupe (dále už jen Kupe) dosahuje nadmořské výšky 2064 m. n. m. (Collar & Stuart 1985) Výskyt montánního lesa začíná okolo 1600 m. n. m. (Smith et al. 2000). Měření pocházejí z muzejních exponátů.

4.1.5 Mt. Oku

Oblast okolí hory Mt. Oku je nejvzdálenějším výzkumným bodem od pobřeží. Je specifický nižším úhrnem srážek, který je okolo 2400 mm ročně (Forboseh et al. 2003). Mt. Oku se nachází v západní části horské Kamerunské plošiny. Tato hora je nejvyšším vrcholem oblasti a druhou nejvyšší horou v pevninské západní Africe, kde se z travnatých oblastí zvedá do nadmořské výšky 3011 m (Maisels et al. 2000). Vlivem člověka je hora výrazně odlesněna. Lesní plochy se vyskytují od výšky 2000 m. n. m. až k vrcholu hory a jsou montánního charakteru (Smith et al. 2000). Data z této lokality jsou složena z muzejních měření i z terénní části. Terénní část pochází především z hory Mt. Oku zvané hora Kilum, muzejní pak z celé oblasti.

4.2 Modelové druhy

Předmětem této práce je ekologicky zajímavá skupina tropických pěvců (Passeriformes) – strdimilové, čeleď Nectarinidae. Taxon vykazuje řadu přizpůsobení ke specifickému získávání potravy – kombinaci sání z květů a lovu hmyzu a bezobratlých. Výskyt těchto druhů na několika vzdálených lokalitách a specifický způsob výživy nasvědčuje možné adaptivní variabilitě v rámci lokalit i pohlaví. Strdimilové si obvykle staví vysutá uzavřená hnízda, do kterých zabudovávají části rostlin, jako jsou větvičky, listy nebo chmýří, někdy také srst peří, nebo srst zvířat a další nalezené materiály. Obvykle zde vychovávají 1–2 mláďata (Mann & Cheke 2010).

4.2.1 Strdimil fialovočelý (*Cinnyris bouvieri*)

Cinnyris bouvieri (1877 Shelley) je prvním ze tří zkoumaných druhů (obrázek 3). Je to střední druh strdimila (7–10 g) s dlouhým mírně zahnutým zobákem. Vyskytuje se v oblasti centrální Afriky (Angola, Kamerun, Středoafriká republika, Kongo, Demokratická Republika Kongo, Rovníková Guinea, Gabon, Keňa, Nigerie, Uganda a Zambie). V Kamerunu preferuje otevřené travnaté lokality, s bodláky a kapradinami, také kamenité plochy ve vyšších nadmořských výškách okolo 1300–2000 m. n. m. V jiných oblastech se vyskytuje na savanách, v otevřených částech lesů a křovinatých sadech, na území Ugandy zahrnují areály i lesní okraje ve výšce okolo 700–1800 m, v Angole i savany okolo primárního lesa. Tento druh je považován za převážně sedentární. Kromě

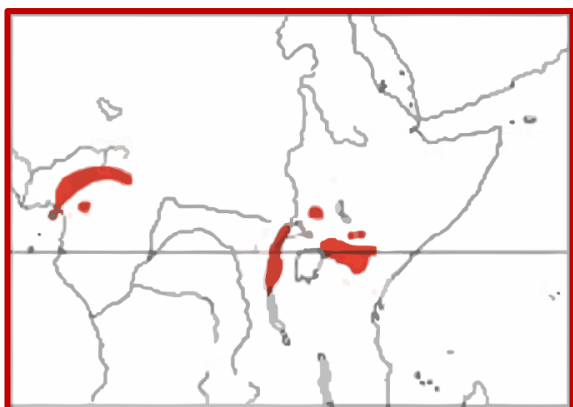
obvyklého složení potravy z nektaru a hmyzu se živí i brouky a latexovou mízou některých tropických stromů. Jedná se o druh, který je barevně pohlavně dimorfní (Mann & Cheke 2010).

4.2.2 Strdimil severní (*Cinnyris reichenowi*)

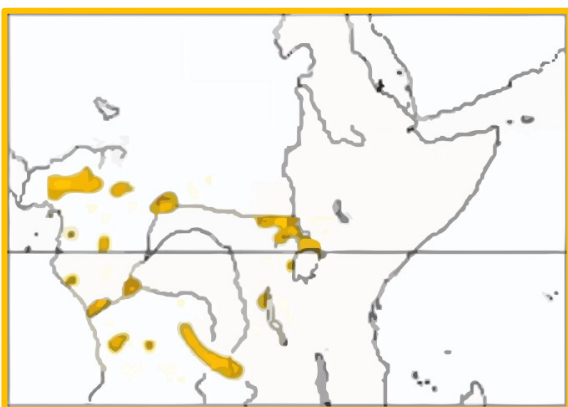
Cinnyris reichenowi (Sharpe 1891) je strdimil střední velikosti (5,2–8,5 g). Vyskytuje se v Kamerunu, Nigérii, Rovnické Guinei na ostrově Bioko, v Demokratické Republice Kongo, Rwandě, Burundi, Ugandě, Keně a Súdánu. Stejně jako *C. bouvieri* je pohlavně dimorfní. *C. reichenowi* preferuje horské oblasti, obvykle se vyskytuje v nadmořských výškách mezi 1200–2400 m. n. m., ale například na Mt. Cameroon vystupuje až do výšek 2780 m. n. m., na ostrově Bioko rovněž obývá vyšší polohy, kde i hnízdí. Tento druh vykazuje velké elevační migrace. V období od července do září je můžeme najít i ve výškách 300 m. n. m. například v oblasti Kumby. V hnízdním období tento druh najdeme ve vyšších nadmořských výškách než mimo hnízdní sezónu. Obvykle obývá montánní primární i sekundární lesy, plantáže Eukalyptu a Akácií, lesní mýtiny i zahrady. Jedná se o poměrně běžně se vyskytující druh bez velkých habitatových nároků. Hnízda si staví v korunách stromů 2–5 metrů nad zemí, někdy ve výškách 6–15 metrů. Hnízdo staví pouze samice, samec občas vypomáhá s hledáním materiálu na jeho výstavbu. Hnízdo má elipsoidní tvar a je vybaveno bočním vchodem u horní části hnízda (obrázek 6). Samci jsou teritoriální a často spolu bojují, někdy také vyhánějí jedince *C. oritis*. V Kamerunu se mláďata líhnou od srpna do února. Potravu tvoří nektar, různé druhy pavouků, larev hmyzu a bezobratlých (Mann & Cheke 2010, obrázek 4).

4.2.3 Strdimil kamerunský (*Cyanomitra oritis*)

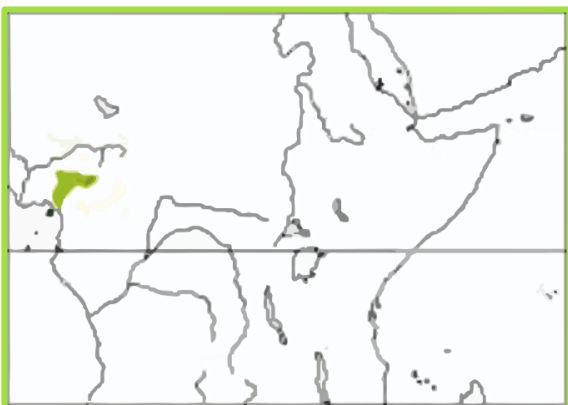
Cyanomitra oritis je největší z druhů, kterými se zde zabýváme váha se obvykle podle Manna & Cheka (2010) pohybuje v rozmezí 8,7–13,8 g (obrázek 5). Jedná o endemický druh této oblasti, vyskytuje se pouze v Kamerunu a také v přilehlých oblastech Nigerie a na ostrově Bioko, tam se vyskytuje v nadmořských výškách od 800 do 2800 m. n. m. v primárním i sekundárním lese, lesních okrajích i mýtinách. Na Kamerunské hoře je výskyt vázán především na horský les, ale najdeme ho i na eukalyptových plantážích v nadmořské výšce od 1200–2100 m. n. m. Často ho najdeme v lesním podrostu, podél potoků i lesních okrajů. Na Mt. Cameroon vykazuje sezonní altitudinální posun, kdy od června do září sestupuje do výšek mezi 570–670 m. n. m. Někdy se vyskytují v menších skupinkách u kvetoucích stromů a keřů. Sedají na větvičky a krmí se nektarem, někdy společně s *C. reichenowi*, jedná se o neagresivní druh. *C. reichenowi* ale může být vůči *C. oritis* někdy teritoriální. Tento druh byl popsán Reichenowem roku 1892. *Cyanomitra oritis* se od předchozích druhů liší také výraznou absencí pohlavního dimorfismu ve zbarvení. Mají hnízda hruškovitého tvaru s bočním vstupem, do kterého obvykle kladou dvě vejce. Hnízda se často nachází v blízkosti potoků a bystřin (Mann & Cheke 2010).



Obrázek 3: Strdimil fialovočelý (*Cinnyris bouvieri*)
přejato z: Symes (2009), mapa: Mann & Cheke (2010)



Obrázek 4: Strdimil severní (*Cinnyris reichenowi*)
přejato z: Symes (2009), mapa: Mann & Cheke (2010)



Obrázek 5: Strdimil kamerunský (*Cyanomitra oritis*)
přejato z: Symes (2009), mapa: Mann & Cheke (2010)



4.3 Sběr dat

Celá práce je založena na dvou hlavních datových souborech. Vytyčili jsme 2 hlavní terénní lokality, ty jsou základem pro terénní část práce. Terénní lokality byly doplněny o data získaná na muzejních exponátech v několika evropských kolekcích, kde došlo k rozšíření o tři další lokality.

(i) **terénní data** sbíraná mezi lety 2001–2014

- hora Mt. Cameroon
- lokalita Mt. Oku

(ii) **muzejní měření**

- ostrov Bioko
- pohoří Rumpi Hills
- lokalita Mt. Kupe
- doplnění dat pro Mt. Cameroon
- doplnění dat pro Mt. Oku



Obrázek 6: Hnízdo strdimila *C. olivacea*
(<https://cz.pinterest.com/pin/532339618446427881>)

Všechny lokality jsou součástí Kamerunského vulkanického pásu a jsou vázané na jednotlivá pohoří nebo hory. Záznamy pocházejí z nadmořských výšek na úrovni hladiny moře po nadmořské výšce 2800 m. n. m. Ze všech pěti lokalit máme záznamy z několika výškových pásem.

4.3.1 Terénní část

Terénní část práce je založena na datových souborech sbíraných od roku 2001 do roku 2014 v rámci několika expedic. Ty jsou výsledkem dlouhodobé spolupráce několika pracovišť (Katedra ekologie PŘF UK, JČU České Budějovice, Botanický Ústav AVČR). Terénní výzkum byl prováděn na dvou hlavních lokalitách na **Mt. Cameroon** a v oblasti hory **Mt. Oku**. Expedice do jednotlivých oblastí proběhly v těchto letech:

Mt. Oku:

- Mt. Lefo: rok 2001
- Babanki: roky 2003, 2005, 2007, 2008

Mt. Cameroon:

- v letech: 2011, 2012, 2013, 2014

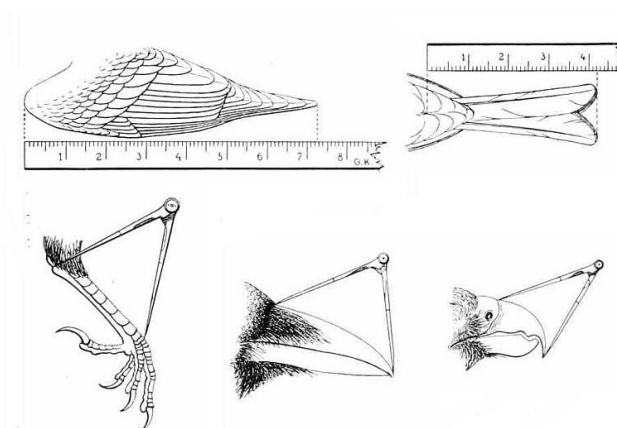


Obrázek 7: *C. oritis focená* v terénu s měřítkem

Z těchto expedic je v této práci celkově použito okolo 700 odchycených jedinců. Strdimil fialovočelý (*Cinnyris bouvieri*) v celkovém počtu 48 jedinců, Strdimil severní (*Cinnyris reichenowi*) v počtu 422 jedinců a endemit Strdimil kamerunský (*Cyanomitra oritis*) v součtu 270 jedinců. Ptáci vždy byly chytány po celý den do nárazových sítí, které byly kontrolovány jednou za 30 minut až 1 hodinu, dle počasí. U každého jedince byl determinován druh, pohlaví, odečten nebo přidělen kroužek nebo značka, stejně jako bylo určeno stáří odchyceného jedince. Všechna měření byla provedena pomocí posuvného měřítka s přesností na 0,01 mm, tělesná hmotnost byla měřena za pomoci váhy s přesností na 0,01 g. V rámci některých expedic byla pořízena doplňující fotodokumentace zobáků odchycených jedinců pro pozdější počítačová měření.

Měřeny byly tyto znaky:

- tělesná hmotnost
- délka křídla
- ocasních per
- běháku
- morfologie zobáku:
 - délka
 - šířka
 - výška



Obrázek 8: Metody měření různých morfologických znaků
přejato: Reichenow (1913)

Také byly zaznamenány údaje o lokalitě, její nadmořská výška, umístění lokality a její název. Následovali informace o datumu odchytu a jeho čas, případné označení pořízených fotografií, označení odebraných vzorků.

4.3.2 Muzejní část

Muzejní data pocházejí ze tří velkých evropských kolekcí. Muzea byla vybrána na základě obsahu sbírek zaměřených na studované druhy. Sbírky pocházejí z vybraných expedic do Kamerunské oblasti. Jednalo se o tato muzea:

- **Natural History Museum at Tring (Anglie)**
- **Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig v Bonnu (Německo)**
- **Národní muzeum Praha**

Většina exemplářů pochází z historických expedic od roku 1902. Celkově byly v kolekcích získány údaje o 410 exemplářích. V muzejních kolekcích jsou ptáci skladováni formou balků. Ty jsou uloženy ve speciálních schránkách, kde jsou řazeny podle taxonomické příslušnosti a geografické lokace. Každý jednotlivý exemplář má přiřazené specifické číslo, uvedené na přiloženém štítku. Přiložené štítky jsou původní originály, každý exemplář má přiřazen svůj vlastní, na němž jsou uvedeny veškeré informace. Exempláře z muzea v Bonnu na místě naměřil a nafotografoval Ondřej Sedláček.

Hodnoty a informace jsou získávány z muzejních exponátů pomocí několika metod:

- **přímé měření exponátu**
- **přepisem údajů z původních štítků**
- **počítačovým měřením z pořízené fotodokumentace**



Obrázek 9: Rozptylový box na focení exponátů

Před měřením byla kontrolována případná poškození exemplářů. Po kontrole byly na daném jedinci pomocí elektronické posuvného měřítka změřeny tyto znaky s přesností na 0,01 mm: **délka křídla** a **délka ocasních per**. Délku běháku nebyla na muzejních exponátech měřena z důvodu časté deformace, která měření neumožňovala. Exempláře z muzea v Tringu neměli uvedenou tělesnou hmotnost. Údaje jsou zaznamenány pod identifikačním číslem příslušného exponátu, uvedeném na štítku. Po měření byla pořízena fotodokumentace. Exponát byl vždy focen ze tří stran: dorzální, ventrální a laterální pohled.

Fotografie muzejních exponátů byly pořízeny pomocí digitálního zrcadlového fotoaparátu Olympus E520. Fotografie jsou zaznamenány tak, aby na setu fotografií byly vidět veškeré údaje uvedené na jeho štítku/štítcích. Dále je na každé fotografii zobrazeno měřítko pro kalibraci měření. Pro větší přesnost jsou všechny fotografie vyfotografované pevným světelným objektivem s ohniskem 50 mm, pro snížení optického zkreslení.

Nejvíce se osvědčilo použití rozptylového fotografického boxu určeného pro pořizování produktových fotografií, který jsem byl doplněn o kontinuální svícení kruhovým bleskem, pro získání maximální ostroty (obrázek 9). Osvědčilo se také doplnění o směrované světlo v oblasti zobáku pro dosažení vyššího kontrastu jemných struktur, určených k měření.

4.3.3 Počítačové zpracování

Z fotografií byly následně přepsány informace o naměřených exemplářích a byly zařazeny do společné databáze. Ze štítku se přepisovaly tyto údaje:

- **druh**
- **pohlaví**
- **věk**
- **tělesná hmotnost**
- **název lokality**
- **souřadnice**
- **nadmořská výška**
- **datum**
- **název expedice/ jméno sběratele**

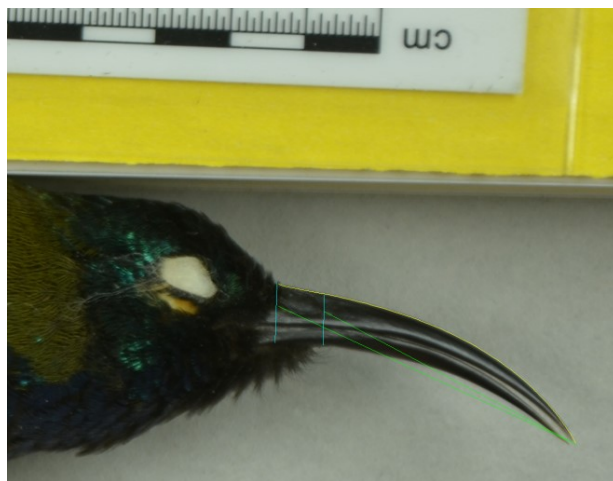
Pohlaví bylo u exponátů určeno na základě pitev, je tak přesnější i u juvenilních jedinců. U některých jedinců byly uvedeny i údaje o velikosti gonád nebo přítomnosti vajec. V závislosti na původu exempláře bylo nutné štítky přeložit, a především dohledat nesrozumitelnosti umístění lokalit, které jsou uvedeny pod historickými názvy.

Fotografie byly měřeny v počítačovém softwaru ImageJ (Rasband 1997). V programu se nejprve standardizovala hodnota měřítka všech pořízených fotografií. V případě rozdílného měřítka, je nutné nastavení pro každou fotografii samostatně. Obvykle k posunu dochází při výměně baterií fotoaparátu nebo v případě použití objektivu se zoomem. Program ImageJ (Rasband 1997) poskytuje možnost uložit měření do excelového souboru, kde je záznam uložen pod číslem fotografie. Měřen byl vždy jeden daný rozměr pro celý set vzorků pro snadnější párování záznamů.

ImageJ (Rasband 1997) umožňuje zakreslení měřené linie přímo do měřené fotografie. Snadno lze tedy překontrolovat správnost měření i další chyby. Z fotografií bylo celkem měřeno sedm rozměrů zobáku. Pět z toho bylo na fotografiích zobrazujících boční pohled (obrázek 10):

- obrys zakřivení vrchní části zobáku
- délku zobáku od špičky po začátek nozdry
- délku zobáku od špičky po krajní linii peří
- výšku zobáku v místě začátku nozdry a v místě začínající linie peří
- výšku zobáku v místě začátku nozdry a v místě předního okraje nosdry

Základní rovné linie byly měřeny pomocí nástroje „Straight“ (Rasband 1997), zaoblený tvar zobáku naopak nástrojem Bezier Curve Tool (Rasband 1997), kde jsem jeden kotvící bod linie umístěn na špičce zobáku a druhý na jeho vrchní straně do místa začátku opeření. Tvar linie je pak uzpůsoben pomocí táhel ukotvených bodů, tak aby kopíroval vrchní obrys zobáku. Následně se měřila délka této linie. Fotografie zobrazující zobák z horního pohledu, složí k měření šířky zobáku. Ta byla opět měřena na úrovni přední části nozdry a na úrovni začínajícího opeření pomocí nástroje „Straight“ (Rasband 1997).



Obrázek 10: Vyznačené měřené hodnoty morfologie zobáku

4.3.4 Zpracování a analýza dat

Ze všech získaných souborů a měření se vytvořila jednotná databáze, včetně přesných specifikací jednotek a způsobů měření. Z naměřených údajů byl spočítán index pro zakřivení zobáku, tedy délka obrysu zobáku/ přímá délka zobáku.

Analýzy jsem zpracovala v statistickém programu R (verze 3.1.2) za pomoci prostředí RStudia. Databáze byla vytvořena v programu Microsoft Excel, pro zpracování byl použit statistický balíček XLSX (Dragulescu et al. 2012). Pro testy normality dat byl použit balíček sjPlot a sjmisc (Lüdecke 2015). PCA analýzy byly řešeny a zobrazeny pomocí ggplot2 (Wickham 2016), ggbiplot (Vu 2011) a devtools (Wickham & Chang 2015). Korelační matice vytvořeny pomocí balíčku corrrplot (Wei 2013) a graficky upraveny díky balíčku RColorBrewer (Neuwirth 2011). Výpočty založené na analýze ANOVA ggplot2 (Wickham 2016) a ANCOVA – balíček devtools (Wickham & Chang 2015) a ggbiplot (Vu 2011).



Obrázek 11: Muzejní exonát – boční pohled



Obrázek 12: Muzejní exonát – spodní pohled

5 Výsledky

Výsledky ukazují různou míru morfologické variability jak mezi pohlavím, tak mezi lokalitami. U všech druhů byly vyhodnoceny výsledky všech lokalit, kde byl dostatečný počet jedinců pro statistické zpracování. Z důvodu nedostatečného počtu dat je u *Cinnyris bouvieri* počet znaků v analýzách geografické variability v pohlavním dimorfismu omezen na délku křídla, ocasních per a délku zobáku. Zpracována pouze lokalita Oku a Kupe a hora Kamerun. Vyhodnocení geografické variability nebyl ze stejného důvodu u tohoto druhu zpracován.

5.1 Morfologické vlastnosti *Cinnyris bouvieri*

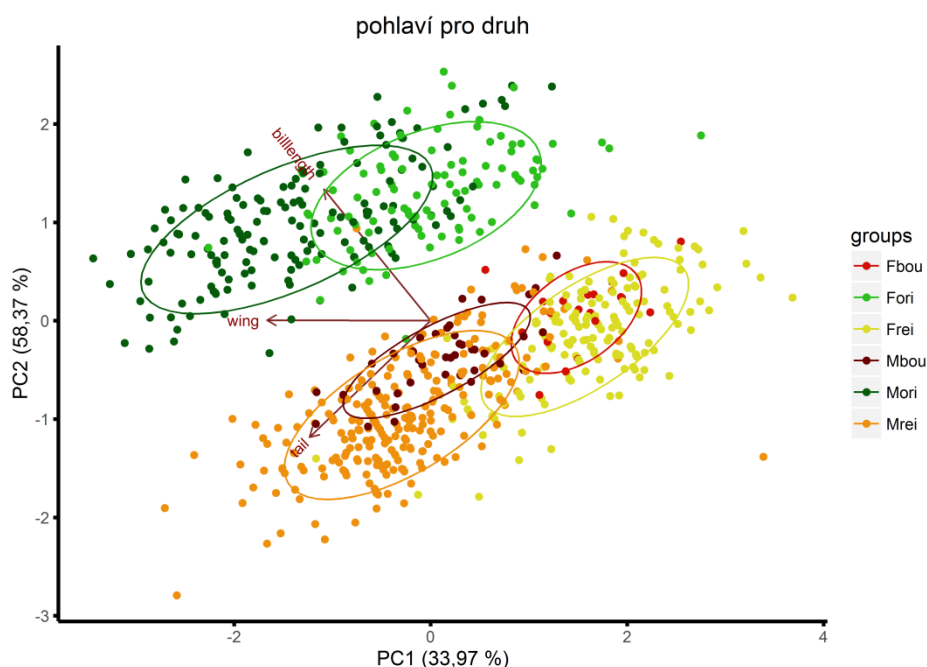
Průměrnou délkou křídel *Cinnyris bouvieri* je $54,9 \pm 2,6$ mm ($n = 90$), délka ocasních per $38,2 \pm 3,2$ mm ($n = 90$). Délka zobáku je v průměru $17,5 \pm 1,1$ mm ($n = 90$) a šířka $4,1 \pm 0,4$ mm ($n = 42$) a výškou $3,3 \pm 0,3$ mm ($n = 42$). *C. bouvieri* má v průměru běhák o délce $16,7 \pm 1,3$ mm ($n = 48$) a tělesnou hmotnost $10,2 \pm 3,9$ g ($n = 58$).

5.2 Morfologické vlastnosti *Cinnyris reichenowi*

Průměrná délka křídel *Cinnyris reichenowi* je $55 \pm 3,8$ mm ($n = 589$), délka ocasních per $39,9 \pm 5,1$ mm ($n = 589$). Délka zobáku je v průměru $16,7 \pm 1,4$ mm ($n = 589$) s šířkou $4,3 \pm 0,5$ mm ($n = 214$) a výškou $3,2 \pm 0,3$ mm ($n = 214$). Délka běháku je podobná jako u *C. bouvieri*, dosahuje průměrné délky $16,8 \pm 1,2$ mm ($n = 375$), tělesná hmotnost je $9,3 \pm 4,2$ g ($n = 436$).

5.3 Morfologické vlastnosti *Cyanomitra oritis*

Cyanomitra oritis je největší ze studovaných druhů. Průměrná délka křídla dosahuje $58,1 \pm 3,2$ mm ($n = 338$), délka ocasních per hodnoty $38,5 \pm 3,9$ mm ($n = 338$). *C. oritis* má zobák dlouhý $25,1 \pm 2,0$ mm ($n = 338$), jeho průměrná šířka je $4,8 \pm 0,5$ mm ($n = 137$) a výška $3,9 \pm 0,4$ mm ($n = 137$). Tělesná hmotnost dosahuje $12,1 \pm 3,9$ g ($n = 261$). Délka běháku dosahuje průměru $19 \pm 1,5$ mm ($n = 201$).



Obrázek 13: PCA analýza graficky znázorňuje posun všech tří druhů a jejich pohlaví. Fbou – samice *C. bouvieri*, Fori – samice *C. oritis*, Frei – samice *C. reichenowi*, Mbou – samci *C. bouvieri*, Mori – samci *C. oritis*, Mrei – samci *C. reichenowi*

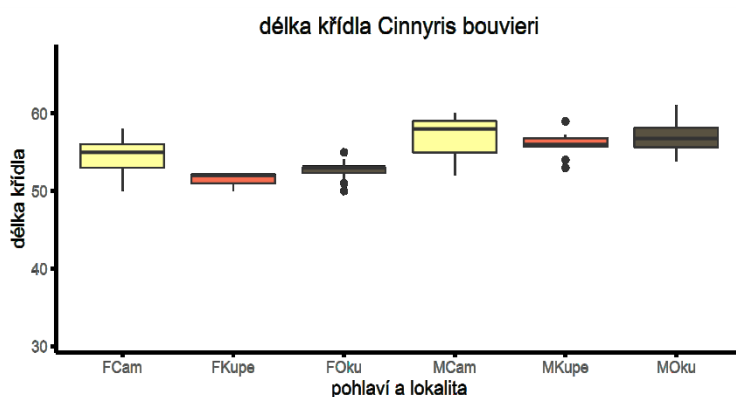
5.4 Pohlavní dimorfismus

5.4.1 Pohlavní dimorfismus *Cinnyris bouvieri*

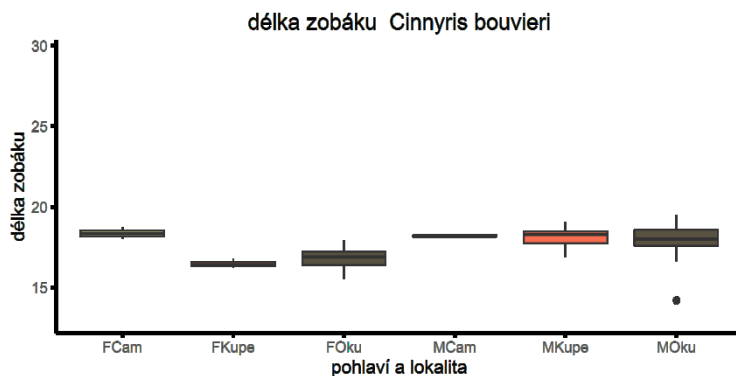
Samci *Cinnyris bouvieri* se od samic liší ve v délce křídla, ocasních per a v délce zobáku (tabulka 1). Samci jsou vždy větší. Nejvýraznější rozdíl byl prokázán pro délku ocasních per: průměrná délka ocasních per samců je $40,3 \pm 2,7$ mm ($n = 56$), samic $36,1 \pm 2,1$ mm ($n = 34$, $p < 0,001$). Samci mají delší i křídla, v průměru o 3,9 mm ($p < 0,001$) i délku zobáku ($18,1 \pm 0,9$ mm, $n = 56$) oproti délce zobáku samic ($1,9 \pm 0,8$ mm, $n = 34$, $p = 0,012$).

5.4.2 Geografická variabilita v pohlavním dimorfismu *Cinnyris bouvieri*

Cyanomitra bouvieri se pohlavně liší na lokalitě Oku a lokalitě Kupe (TukeyHSD test). Na lokalitě Oku mají samci delší křídla (obrázek 14), ocasní pera i zobák (tabulka 2). Délka křídla se nejvíce liší na lokalitě Kupe, délka křídla samice $51,3 \pm 1,2$ mm ($n = 3$), samců $56 \pm 1,7$ mm ($n = 9$, $p = 0,002$), stejný vztah ukazuje i lokalita Oku (Tabulka 2, Obrázek 15).



Obrázek 14: Délka křídla *C. bouvieri*, první písmeno značí pohlaví: F – samice, M – samci, přípona lokalitu: Cam – Mt. Cameroon, Kupe – Mt. Kupe, Oku – Mt. Oku



Obrázek 15: Délka zobáku *C. bouvieri*, první písmeno značí pohlaví: F – samice, M – samci, přípona lokalitu: Cam – Mt. Cameroon, Kupe – Mt. Kupe, Oku – Mt. Oku

Tabulka 1: Morfologické vlastnosti strdimila *Cinnyris bouvieri*. Hodnoty ve formátu průměr ± SD jsou uvedeny pro všechny jedince v souboru a zvlášť pro obě pohlaví. Statistická průkaznost rozdílu mezi pohlavím byla testována TukeyHSD testem.

<i>C. bouvieri</i>	n	průměr ±			n ♀	průměr ♀ ±			n ♂	průměr ♂ ±			rozdíl ♂ x ♀	p – hodnota ♀ x ♂
DÉLKA KŘÍDLA	90	54,876	±	2,618	34	52,919	±	1,639	56	56,832	±	1,921	3,913	0,000
DÉLKA OCASNÍCH PER	90	38,211	±	3,235	34	36,111	±	2,083	56	40,311	±	2,717	4,199	0,000
DÉLKA ZOBÁKU	90	17,466	±	1,073	34	16,874	±	0,776	56	18,058	±	0,906	1,185	0,012
TĚLESNÁ HMOTNOST	58	10,238	±	3,913	26	9,556	±	2,723	32	10,921	±	4,594	1,365	0,573
DÉLKA BĚHÁKU	48	16,691	±	1,289	23	16,383	±	1,075	25	17,000	±	1,415	0,617	0,445
ŠÍŘKA ZOBÁKU	42	4,122	±	0,378	11	4,039	±	0,307	31	4,205	±	0,401	0,166	0,962
VÝŠKA ZOBÁKU	42	3,342	±	0,261	11	3,360	±	0,237	31	3,324	±	0,278	-0,037	0,999
ZAKŘIVENÍ ZOBÁKU	42	0,951	±	0,016	11	0,952	±	0,017	31	0,950	±	0,016	-0,002	0,998

Tabulka 2: Morfologické vlastnosti strdimila *Cinnyris bouvieri* – délka křídla, ocasních per a délka zobáku. Hodnoty ve formátu průměr ± SD jsou uvedeny pro všechny jedince v souboru a zvlášť pro obě pohlaví. Statistická průkaznost rozdílu mezi pohlavím byla testována TukeyHSD testem.

<i>C. bouvieri</i>	n	Průměr ±			n ♀	průměr ♀ ±			n ♂	průměr ♂ ±			rozdíl ♂ x ♀	p – hodnota ♀ x ♂
DÉLKA KŘÍDLA														
Mt. Cameroon	9	55,533	±	3,412	5	54,400	±	3,050	4	56,667	±	4,163	2,267	0,506
Mt. Kupe	12	53,676	±	2,638	3	51,333	±	1,155	9	56,019	±	1,750	4,686	0,002
Mt. Oku	69	54,893	±	2,536	26	52,817	±	1,096	43	56,969	±	1,780	4,151	0,000
DÉLKA OCASNÍCH PER														
Mt. Cameroon	9	39,167	±	2,875	5	37,000	±	2,121	4	41,333	±	1,528	4,333	0,193
Mt. Kupe	12	38,519	±	2,811	3	36,333	±	1,528	9	40,704	±	2,215	4,371	0,115
Mt. Oku	69	38,024	±	3,355	26	35,915	±	2,149	43	40,133	±	2,908	4,218	0,000
DÉLKA ZOBÁKU														
Mt. Cameroon	9	18,275	±	0,310	5	18,350	±	0,495	4	18,200	±	0,141	-0,15	1,000
Mt. Kupe	12	17,286	±	0,961	3	16,457	±	0,269	9	18,116	±	0,664	1,659	0,055
Mt. Oku	69	17,409	±	1,117	26	16,796	±	0,698	43	18,022	±	0,991	1,225	0,000

5.4.3 Pohlavní dimorfismus *Cinnyris reichenowi*

Cinnyris reichenowi vykazuje výrazný pohlavní dimorfismus všech znaků, vyjma zakřivení zobáku (tabulka 3). Nejvíce v délce ocasních per, délka ocasních per samců je $43,2 \pm 3,6$ mm ($n = 342$), u samic $36,5 \pm 3,3$ mm ($n = 247$). Samci mají i delší křídla ($57,3 \pm 2,4$ mm, $n = 342$) než samice ($52,7 \pm 2,6$ mm, $n = 247$, $p < 0,001$). Samice mají také menší rozměry zobáku, délka ($p = 0,000$), výška ($p = 0,001$) a šířka ($p = 0,033$), viz tabulka 3. Samci jsou v průměru o 1,4 g těžší ($p < 0,001$).

5.4.4 Geografická variabilita v pohlavním dimorfismu *Cinnyris reichenowi*

Analýzy ukazují, že *Cinnyris reichenowi* je výrazně pohlavně dimorfní. Výsledky ukazují, že *C. reichenowi* je prokazatelně pohlavně dimorfní na každé lokalitě nejméně ve třech z osmi měřených znaků.

Na všech lokalitách mají samci delší křídla, ocasní pera i délku zobáku (tabulka 4). Nejdelší křídla mají samci ($57,9 \pm 2,1$ mm, $n = 121$) i samice ($53 \pm 2,3$ mm, $n = 102$) na lokalitě Mt. Cameroon, kde je mezi nimi i největší rozdíl (4,9 mm, $p < 0,001$). Na hoře Kamerun je největší dimorfismus také v délce zobáku, u samců $18,4 \pm 1,1$ mm ($n = 121$) a samic $16,9 \pm 0,8$ mm ($n = 102$). Pouze tento druh je pohlavně dimorfní v šířce a výšce zobáku. Průkazný rozdíl pro oba znaky vyšel hoře Mt. Cameroon. Šířka zobáku se liší o 0,24 mm ($\sigma 4,58 \pm 0,5$ mm, $n = 38$, $\text{♀ } 4,34 \pm 0,5$ mm, $n = 25$, $p = 0,019$), výška o 0,2 mm ($\sigma 3,3 \pm 0,3$ mm, $n = 38$, $\text{♀ } 3,1 \pm 0,4$ mm, $n = 25$, $p = 0,004$).

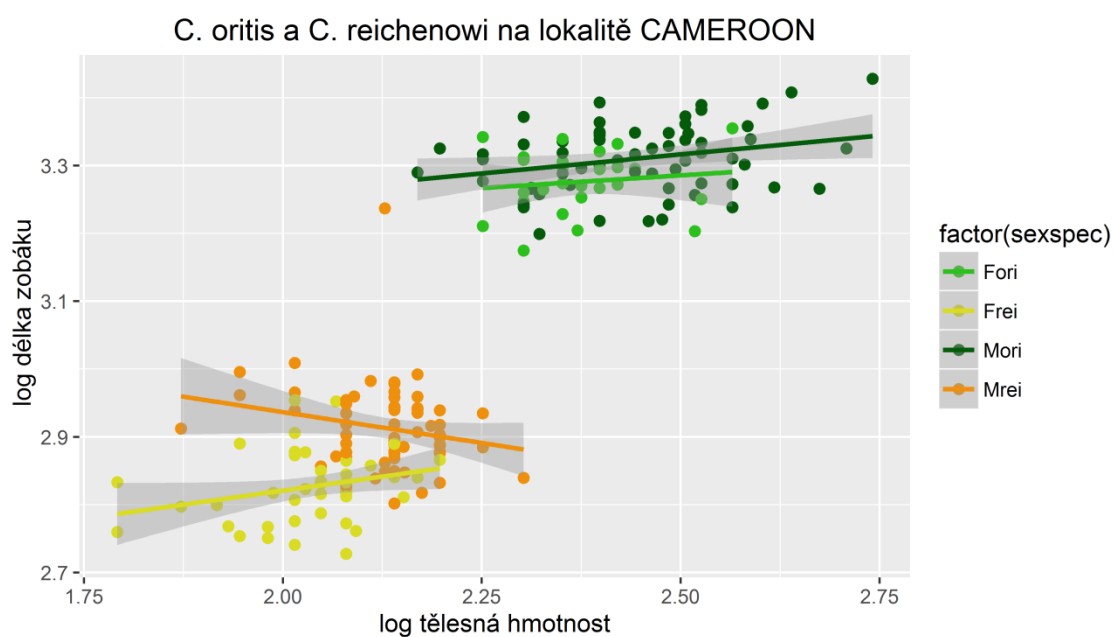
Na ostrově Bioko mají samci ($n = 28$) o 7,7 mm, tedy 22,4 %, delší ocasní pera než samice ($n = 12$, $p = 0,000$). Na všech lokalitách rozdíl mezi pohlavím činil minimálně 6,8 mm (18,5 %, $p < 0,002$). Jediný prokazatelný rozdíl v tělesné hmotnosti byl na lokalitě Oku, samice vážily $9,3 \pm 3,6$ g ($n = 105$), samci $11,2 \pm 4,8$ g ($n = 131$, $p = 0,001$). Délka běháku byly odlišné na obou analyzovaných lokalitách, na Mt. Cameroon o 0,9 mm ($\sigma 17,8 \pm 1,6$ mm, $n = 83$; $\text{♀ } 16,9 \pm 1,3$ mm, $n = 77$, $p < 0,001$), na Oku byl rozdíl 0,8 mm ($\sigma 16,9 \pm 0,9$ mm, $n = 114$; $\text{♀ } 16,1 \pm 0,9$ mm, $n = 101$, $p < 0,001$).

Tabulka 3: Morfologické vlastnosti strdimila *Cinnyris reichenowi*. Hodnoty ve formátu průměr ± SD jsou uvedeny pro všechny jedince v souboru a zvlášť pro obě pohlaví. Statistická průkaznost rozdílu mezi pohlavím byla testována TukeyHSD testem.

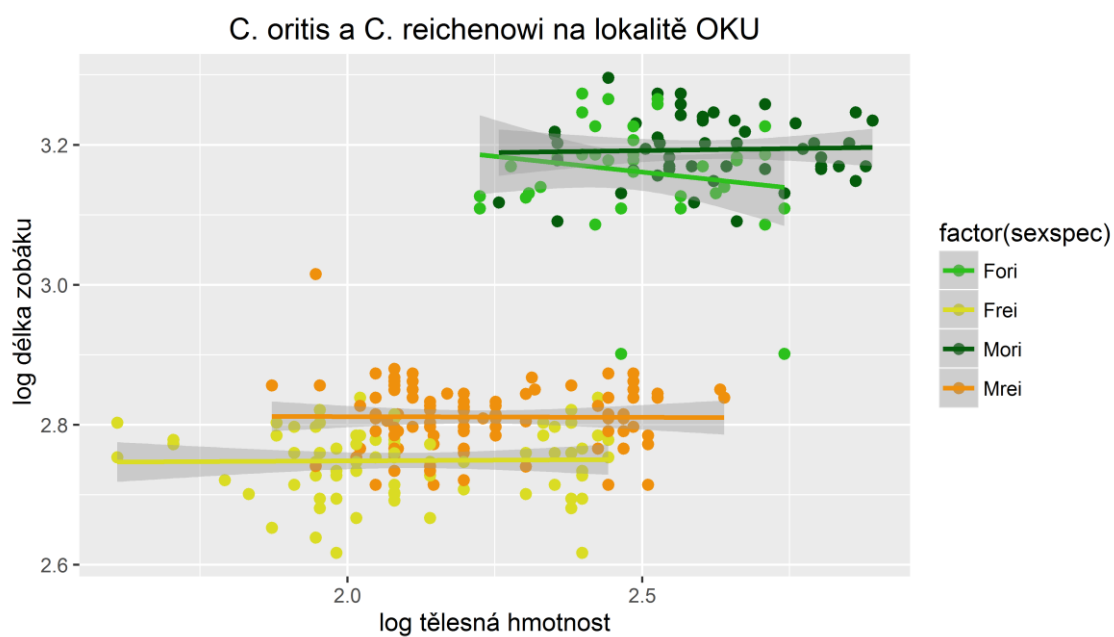
<i>C. reichenowi</i>	n	průměr ±		n ♀	průměr ♀ ±		n ♂	průměr ♂ ±		rozíl ♂ x ♀		p – hodnota ♀ x ♂
DÉLKA KŘÍDLA	589	54,969	± 3,794	247	52,657	± 2,554	342	57,281	± 2,404	4,624		0,000
DÉLKA OCASNÍCH PER	589	39,849	± 5,143	247	36,513	± 3,273	342	43,186	± 3,606	6,672		0,000
DÉLKA ZOBÁKU	589	16,679	± 1,431	247	16,104	± 1,050	342	17,255	± 1,343	1,150		0,000
TĚLESNÁ HMOTNOST	436	9,274	± 4,221	193	8,565	± 2,883	243	9,982	± 3,960	1,417		0,000
DÉLKA BĚHÁKU	375	16,805	± 1,250	178	16,413	± 1,124	197	17,197	± 1,255	0,784		0,000
ŠÍŘKA ZOBÁKU	214	4,254	± 0,527	69	4,174	± 0,516	145	4,335	± 0,528	0,161		0,033
VÝŠKA ZOBÁKU	214	3,238	± 0,343	69	3,174	± 0,336	145	3,301	± 0,336	0,127		0,001
ZAKŘIVENÍ ZOBÁKU	214	0,967	± 0,019	69	0,969	± 0,018	145	0,965	± 0,019	-0,004		0,554

Tabulka 4: Morfologické vlastnosti strdimila *Cinnyris reichenowi* – délka křídla, ocasních per a délka zobáku. Hodnoty ve formátu průměr ± SD jsou uvedeny pro všechny jedince v souboru a zvlášť pro obě pohlaví. Statistická průkaznost rozdílu mezi pohlavím byla testována TukeyHSD testem.

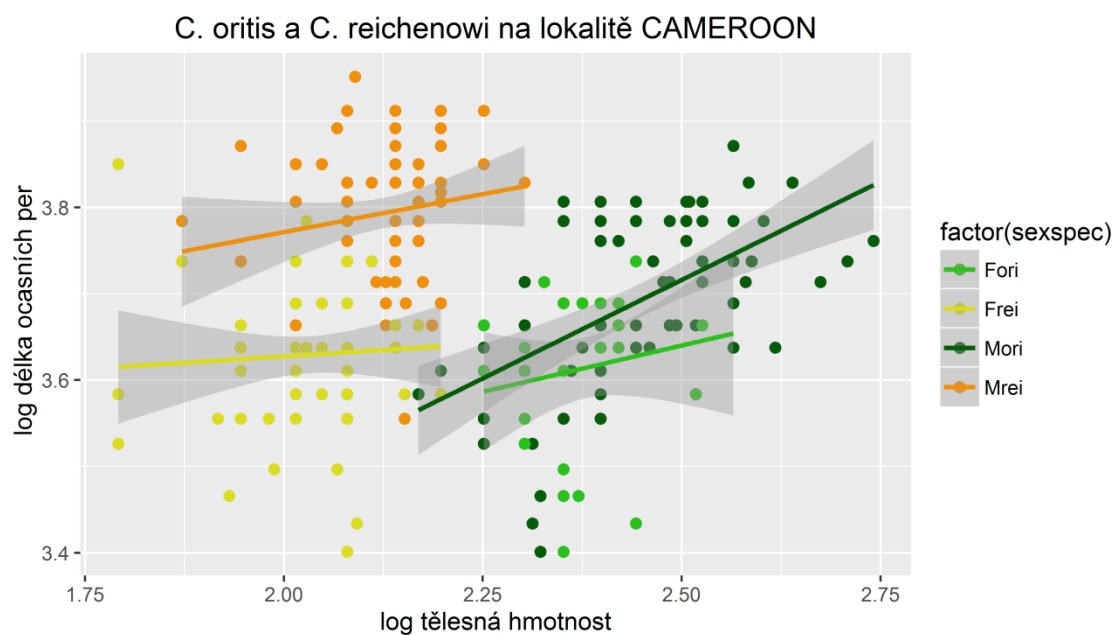
<i>C. reichenowi</i>	n	Průměr ±			n ♀	průměr ♀ ±			n ♂	průměr ♂ ±			rozdíľ ♂ x ♀	p – hodnota ♀ x ♂
DĚLKA KŘÍDLA														
Bioko	40	53,539	±	2,962	12	51,124	±	2,136	28	55,953	±	1,887	4,829	0,000
Mt. Cameroon	223	55,467	±	3,270	102	53,001	±	2,269	121	57,932	±	2,095	4,932	0,000
Mt. Kupe	49	53,874	±	2,371	15	52,087	±	1,397	34	55,661	±	1,822	3,574	0,000
Mt. Oku	277	55,088	±	4,367	118	52,636	±	2,838	159	57,540	±	2,471	4,905	0,000
DĚLKA OCASNÍCH PER														
Bioko	40	38,232	±	4,6014	12	34,387	±	3,304	28	42,076	±	2,782	7,690	0,000
Mt. Cameroon	223	39,984	±	4,9839	102	36,606	±	3,593	121	43,362	±	3,773	6,756	0,000
Mt. Kupe	49	37,409	±	4,5465	15	33,868	±	2,256	34	40,950	±	3,460	7,082	0,000
Mt. Oku	277	40,403	±	5,4236	118	37,003	±	2,901	159	43,803	±	3,462	6,800	0,000
DĚLKA ZOBÁKU														
Bioko	40	15,704	±	0,9181	12	15,069	±	0,812	28	16,339	±	0,654	1,270	0,002
Mt. Cameroon	223	17,648	±	1,2583	102	16,882	±	0,848	121	18,413	±	1,117	1,532	0,000
Mt. Kupe	49	16,999	±	1,2901	15	16,386	±	1,080	34	17,612	±	1,203	1,226	0,001
Mt. Oku	277	16,123	±	1,1178	118	15,621	±	0,791	159	16,626	±	0,791	1,005	0,000



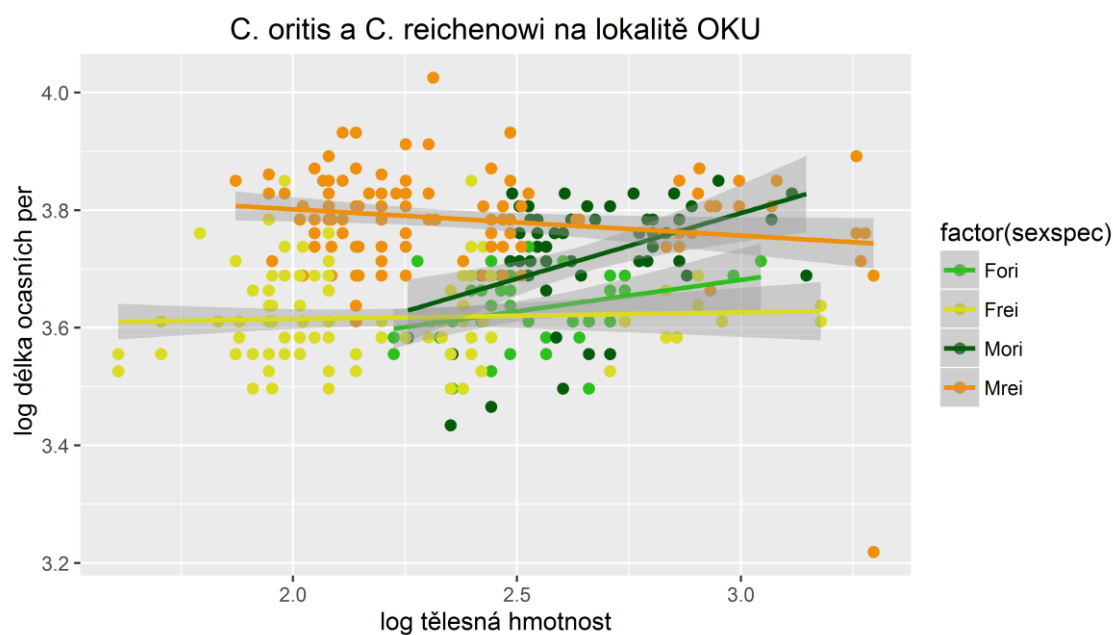
Obrázek 16: Analýza kovariance závislosti tělesné hmotnosti a délky zobáku u samců a samic druhů *C. oritis* (ori) a *C. reichenowi* (rei) na lokalitě Mt. Cameroon. První písmeno značí pohlaví: F – samice, M – samce.



Obrázek 17: Analýza kovariance závislosti tělesné hmotnosti a délky zobáku u samců a samic druhů *C. oritis* (ori) a *C. reichenowi* (rei) na lokalitě Mt. Oku. První písmeno značí pohlaví: F – samice, M – samce.



Obrázek 18: Analýza kovariance závislosti tělesné hmotnosti a délky ocasních per u samců a samic druhů *C. oritis* (ori) a *C. reichenowi* (rei) na hoře Mt. Cameroon. První písmeno značí pohlaví: F – samice, M – samce.



Obrázek 19: Analýza kovariance závislosti tělesné hmotnosti a délky ocasních per u samců a samic druhů *C. oritis* (ori) a *C. reichenowi* (rei) na lokalitě Mt. Oku. První písmeno značí pohlaví: F – samice, M – samce.

5.4.5 Pohlavní dimorfismus *Cyanomitra oritis*

Moje diplomová práce na základě TukeyHSD testu ukazuje, že pohlaví *C. oritis* se liší v několika znacích. Samice dosahují ve všech znacích nižších hodnot než samci. Statisticky průkazně se samice liší v délce křídla o 3,9 mm (♀ $56,2 \pm 2,4$ mm, $n = 131$, ♂ $60,1 \pm 2,8$ mm, $n = 207$), stejně tak mají samice kratší i ocasní pera (♀ $36,5 \pm 2,9$ mm, $n = 131$, ♂ $40,5 \pm 3,7$ mm, $n = 207$).

Délka zobáku se liší o 1,5 mm (♀ $24,3 \pm 1,9$ mm, $n = 131$, ♂ $25,8 \pm 1,9$ mm, $n = 207$), samci mají delší také běhák (♀ $18,6 \pm 0,9$ mm, $n = 69$, ♂ $19,4 \pm 1,2$ mm, $n = 132$). Všechny uvedené rozdíly jsou statisticky signifikantní (tabulka 5). Průměrná tělesná hmotnost se liší o 1,2 g (♀ $11,5 \pm 2,0$ g, $n = 96$, ♂ $12,7 \pm 2,4$ g, $n = 165$), tento rozdíl není statisticky významný ($p = 0,055$).

5.4.6 Geografická variabilita v pohlavním dimorfismu *Cyanomitra oritis*

Jelikož se podařilo prokázat mezi-pohlavní dimorfismus ve většině měřených znaků, je zde uveden rozbor mezi-pohlavního dimorfismu jednotlivých lokalit. V rámci daných lokalit výsledky ukazují rovněž velkou míru pohlavního dimorfismu. Tento druh se mezi-pohlavně prokazatelně liší na třech z pěti zkoumaných lokalit.

Jedná se o lokalitu Mt. Cameroon, Oku a Mt. Kupe, výsledky byly stanoveny na základě TukeyHSD testu statisticky prokazatelné. Na všech třech lokalitách měli samci delší křídla než samice. Největší rozdíl mezi pohlavím je na lokalitě Kupe, kde činí 4,6 mm (♀ $54,1 \pm 1,4$ mm, $n = 22$, ♂ $58,7 \pm 1,7$ mm, $n = 23$, $p < 0,001$). Na Kupe byla nejvíce rozdílná i délka ocasních per s rozdílem 4,6 mm (♀ $34,3 \pm 1,9$ mm, $n = 22$, ♂ $38,9 \pm 2,6$ mm, $n = 23$, $p < 0,001$). Podobný pohlavní rozdíl najdeme i na Oku (♀ $37,1 \pm 2,4$ mm, $n = 57$, ♂ $41,4 \pm 3,8$ mm, $n = 71$, $p < 0,001$).

Lokality Oku a hora Kamerun se jako jediné prokazatelně lišily v délce zobáku. Na lokalitě Mt. Cameroon o 1 mm (♀ $26,6 \pm 1,2$ mm, $n = 33$, ♂ $27,5 \pm 1,3$ mm, $n = 93$, $p = 0,023$) a na lokalitě Oku o 0,9 mm (♀ $23,6 \pm 1,7$ mm, $n = 57$, ♂ $24,5 \pm 1,1$ mm, $n = 71$, $p = 0,008$). V průměru mají samci delší zobák o 1 mm i na lokalitě Kupe, ale rozdíl není průkazný ($p = 0,193$).

Váha se průkazně lišila pouze na lokalitě Oku (♀ $12,4 \pm 2,9$ g, $n = 48$, ♂ $14,4 \pm 2,5$ g, $n = 63$, $p < 0,001$). Pohlavní dimorfismus v délce běháku byl prokázán na hoře Kamerun (♀ $18,4 \pm 0,6$ mm, $n = 27$, ♂ $19,6 \pm 1,1$ mm, $n = 76$, $p < 0,001$), na Oku byl neprůkazný (♀ $18,7 \pm 1,0$ mm, $n = 42$, ♂ $19,1 \pm 1,2$ mm, $n = 56$, $p = 0,285$), více viz tabulka 6.

Tabulka 5: Morfologické vlastnosti strdimila *Cyanomitra oritis*. Hodnoty ve formátu průměr ± SD jsou uvedeny pro všechny jedince v souboru a zvlášť pro obě pohlaví. Statistická průkaznost rozdílu mezi pohlavím byla testována TukeyHSD testem.

<i>C. oritis</i>	n	průměr ±			n ♀	průměr ♀ ±			n ♂	průměr ♂ ±			rozdíl ♂ x ♀	p – hodnota ♀ x ♂
DÉLKA KŘÍDLA	338	58,135	±	3,212	131	56,165	±	2,399	207	60,104	±	2,812	3,939	0,0000
DÉLKA OCASNÍCH PER	338	38,474	±	3,949	131	36,482	±	2,919	207	40,465	±	3,673	3,983	0,0000
DÉLKA ZOBÁKU	338	25,064	±	2,006	131	24,331	±	1,920	207	25,797	±	1,862	1,466	0,0000
TĚLESNÁ HMOTNOST	261	12,118	±	3,922	96	11,524	±	1,989	165	12,712	±	2,418	1,188	0,0550
DÉLKA BĚHÁKU	201	18,975	±	1,462	69	18,596	±	0,879	132	19,354	±	1,181	0,758	0,0000
ŠÍŘKA ZOBÁKU	137	4,752	±	0,499	62	4,655	±	0,471	75	4,848	±	0,514	0,193	0,0550
VÝŠKA ZOBÁKU	137	3,931	±	0,397	62	3,829	±	0,372	75	4,032	±	0,388	0,204	0,0000
ZAKŘIVENÍ ZOBÁKU	137	0,946	±	0,015	62	0,948	±	0,016	75	0,944	±	0,014	-0,004	0,8210

Tabulka 6: Morfologické vlastnosti strdimila *Cyanomitra oritis* délka křídla, ocasních per a délka zobáku. Hodnoty ve formátu průměr ± SD jsou uvedeny pro všechny jedince v souboru a zvlášť pro obě pohlaví. Statistická průkaznost rozdílu mezi pohlavím byla testována TukeyHSD testem.

<i>C. oritis</i>	n	Průměr ±			n ♀	průměr ♀ ±			n ♂	průměr ♂ ±			rozdíl ♂ x ♀	p – hodnota ♀ x ♂
DÉLKA KŘÍDLA														
Bioko	22	58,389	±	2,259	9	56,930	±	1,580	13	59,848	±	1,947	2,918	0,128
Mt. Cameroon	126	58,242	±	3,007	33	56,380	±	2,072	93	60,104	±	2,569	3,724	0,000
Mt. Kupe	45	56,426	±	2,751	22	54,140	±	1,350	23	58,712	±	1,657	4,572	0,000
Mt. Oku	128	59,158	±	3,009	57	57,310	±	1,825	71	61,005	±	3,093	3,695	0,000
Rumpi Hills	17	54,270	±	2,715	10	52,720	±	2,916	7	55,820	±	0,945	3,100	0,197
DÉLKA OCASNÍCH PER														
Bioko	22	40,216	±	3,300	9	39,260	±	2,424	13	41,171	±	3,620	1,911	0,935
Mt. Cameroon	126	38,641	±	4,113	33	36,940	±	3,120	93	40,342	±	3,652	3,402	0,000
Mt. Kupe	45	36,654	±	3,264	22	34,340	±	1,938	23	38,968	±	2,619	4,628	0,000
Mt. Oku	128	39,213	±	3,744	57	37,080	±	2,418	71	41,345	±	3,765	4,265	0,000
Rumpi Hills	17	34,957	±	2,629	10	33,430	±	2,567	7	36,484	±	1,878	3,054	0,675
DÉLKA ZOBÁKU														
Bioko	22	24,645	±	0,868	9	24,150	±	0,662	13	25,139	±	0,705	0,989	0,738
Mt. Cameroon	126	27,024	±	1,368	33	26,550	±	1,175	93	27,498	±	1,311	0,948	0,023
Mt. Kupe	45	24,179	±	1,220	22	23,670	±	1,318	23	24,688	±	0,877	1,018	0,193
Mt. Oku	128	24,042	±	1,588	57	23,590	±	1,718	71	24,494	±	1,137	0,904	0,008
Rumpi Hills	17	23,134	±	0,812	10	22,710	±	0,763	7	23,558	±	0,501	0,848	0,965

5.5 Geografická variabilita

5.5.1 Geografická variabilita *Cinnyris reichenowi*

Cinnyris reichenowi se mezilokalitně liší především v délce zobáku. Ze všech porovnávaných lokalit byl rozdíl neprůkazný pouze mezi lokalitou Oku ($16,1 \pm 1,1$ mm, $n = 277$) a ostrovem Bioko ($15,7 \pm 0,9$ mm, $n = 40$, $p = 0,528$), kde mají ptáci oproti ostatním lokalitám zobáky výrazně kratší. Nejdelší rozměr mají jedinci na hoře Kamerun ($17,7 \pm 1,3$ mm, $n = 223$), více viz tabulka 8. Liší se také šířka zobáku. Populace na hoře Kamerun má širší rozměr zobáku než populace na ostatních lokalitách, jak ukazuje tabulka 9. Výška zobáku se mezilokalitně neliší. *Cinnyris reichenowi* je jediný druh, kde se podařilo prokázat rozdílné zakřivení zobáku. Populace na lokalitě Oku se průkazně liší zakřivením zobáku od všech ostatních lokalit viz tabulka 9.

Délka ocasních per se naopak průkazně liší pouze mezi lokalitou Oku ($40,4 \pm 5,4$ mm, $n = 277$) a Kupe ($37,4 \pm 4,5$ mm, $n = 49$), kdy rozdíl činí 8 %. Mezilokalitní rozdíl v délce křídel nebyl prokázán (tabulka 7).

Populace na lokalitě Oku ($10,3 \pm 5,2$ g, $n = 236$) se liší tělesnou hmotností od populace na hoře Kamerun ($8,1 \pm 0,7$ g, $n = 168$) i na ostrově Bioko ($7,5 \pm 0,8$ g, $n = 24$). Nahoře Kamerun jsou jedinci tedy menší o 25,2 % a na ostrově Bioko 36,3 % (tabulka 8).

Tabulka 7: Mezilokalitní rozdíly u druhu *C. reichenowi* bez rozlišení pro délku křídla, a ocasních per

<i>Cinnyris reichenowi</i>	Bioko 40 53,539 2,962	Mt. Cameroon 223 55,467 3,270	Mt. Kupe 49 53,874 2,371	Mt. Oku 277 55,088 4,367	DÉLKA KŘÍDLA n průměr (mm) ±
Bioko rozdíl (mm) p-hodnota		1,928 0,142	0,336 1,000	1,549 0,331	Bioko rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Cameroon rozdíl (mm) p-hodnota	1,752 0,889		1,592 0,123	0,379 0,794	Mt. Cameroon rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Kupe rozdíl (mm) p-hodnota	0,823 0,743	2,575 0,148		1,214 0,314	Mt. Kupe rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Oku rozdíl (mm) p-hodnota	2,171 0,483	0,419 0,602	2,994 0,019		Mt. Oku rozdíl (mm) p-hodnota
n průměr (mm) ±	40 38,232 4,601	223 39,984 4,984	49 37,409 4,547	277 40,403 5,424	<i>Cinnyris reichenowi</i>
DÉLKA OCASNÍCH PER	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	

Tabulka 8: Mezilokalitní rozdíly u druhu *C. reichenowi* bez rozlišení pro délku zobáku a tělesnou hmotnost

<i>Cinnyris reichenowi</i>	Bioko 40	Mt. Cameroon 223	Mt. Kupe 49	Mt. Oku 277	DÉLKA ZOBÁKU n
	15,704	17,648	16,999	16,123	průměr (mm)
	0,918	1,258	1,290	1,118	±
Bioko rozdíl (g) p-hodnota		1,944 0,000	1,295 0,000	0,419 0,529	Bioko rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Cameroon rozdíl (g) p-hodnota	0,550 0,963		0,649 0,018	1,524 0,000	Mt. Cameroon rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Kupe rozdíl (g) p-hodnota	0,094 1,000	0,457 0,995		0,876 0,000	Mt. Kupe rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Oku rozdíl (g) p-hodnota	2,732 0,003	2,181 0,000	2,638 0,163		Mt. Oku rozdíl (mm) p-hodnota
n průměr (g) ±	24 7,531 0,752	168 8,082 0,704	8 7,625 0,651	236 10,263 5,183	<i>Cinnyris reichenowi</i>
TĚLESNÁ HMOTNOST	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	

Tabulka 9: Mezilokalitní rozdíly u druhu *C. reichenowi* bez rozlišení pro šířku zobáku a index zakřivení

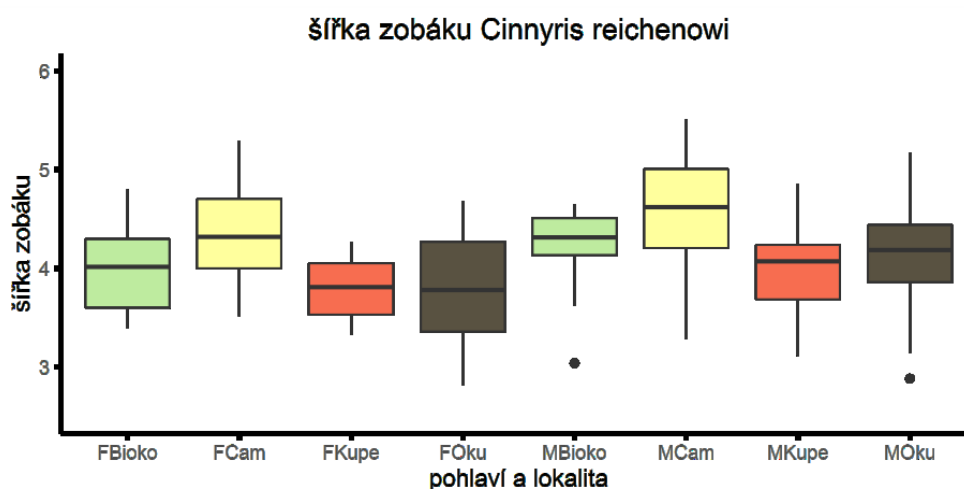
<i>Cinnyris reichenowi</i>	Bioko 40	Mt. Cameroon 63	Mt. Kupe 49	Mt. Oku 62	ŠÍŘKA ZOBÁKU n
	4,139	4,462	3,906	3,953	průměr (mm)
	0,414	0,501	0,389	0,501	±
Bioko rozdíl p-hodnota		0,324 0,003	0,233 0,104	0,186 0,416	Bioko rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Cameroon rozdíl p-hodnota	0,007 0,978		0,556 0,000	0,510 0,000	Mt. Cameroon rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Kupe rozdíl p-hodnota	0,002 0,864	0,009 0,970		0,046 0,793	Mt. Kupe rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Oku rozdíl p-hodnota	0,010 0,002	0,003 0,002	0,012 0,025		Mt. Oku rozdíl (mm) p-hodnota
n průměr ±	40 0,972 0,037	63 0,965 0,023	49 0,974 0,026	62 0,962 0,026	<i>Cinnyris reichenowi</i>
ZAKŘÍVENÍ ZOBÁKU 2	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	

5.5.2 Geografická variabilita samic *Cinnyris reichenowi*

Samice druhu *C. reichenowi* vykazují velkou míru mezilokalitní variability (TukeyHSD test). Průkazná je pro délku ocasního peří, délku běháku, tělesnou hmotnost, šířku zobáku a nejčastěji se samice mezi lokalitami liší v délce zobáku.

Délka křídla vykazuje největší rozdíl mezi lokalitou Mt. Cameroon ($53,0 \pm 2,3$ mm, $n = 102$) a ostrovem Bioko ($51,1 \pm 2,1$ mm, $n = 12$), výsledek nevyšel prokazatelně ($p = 0,169$). Délka křídla se u samic *C. reichenowi* průkazně neliší na žádné z lokalit, naměřené průměrné hodnoty délky křídla vykazují pouze malé rozdíly vzhledem k celkové délce křídla (Kupe $52,1 \pm 1,4$ mm, $n = 15$, Oku $52,6 \pm 2,8$ mm, $n = 118$), jak ukazuje tabulka 10. Samice na lokalitě Oku ($37 \pm 2,9$ mm, $n = 118$), mají také průkazně delší ocasní pera než samice na Kupe ($33,9 \pm 2,3$ mm, $n = 15$), která mají nejkratší ocasní pera ze všech lokalit ($p = 0,017$). Rozdíl průměrných hodnot Kupe ($33,9 \pm 2,3$ mm, $n = 15$) a hory Kamerun ($36,6 \pm 3,6$ mm, $n = 102$) je 2,7 mm, tento výsledek je za hranicí průkaznosti ($p = 0,075$) více viz tabulka 11.

Nejdelší zobák mají samice na hoře Kamerun ($16,9 \pm 0,8$ mm, $n = 102$). Délka zobáku samic z hory Kamerun se signifikantně liší od samic ostrova Bioko ($15,1 \pm 0,8$ mm, $n = 12$, $p < 0,001$). Samice na hoře Kamerun mají delší zobák než na Oku ($15,6 \pm 0,8$ mm, $n = 118$, $p < 0,001$). Na ostrově Bioko mají samice o 1,3 mm kratší zobák než na Kupe ($16,4 \pm 1,1$ mm, $n = 15$, $p = 0,006$, tabulka 12). Signifikantně širší zobák mají samice na hoře Kamerun ($4,3 \pm 0,5$ mm, $n = 25$) než na Kupe ($3,8 \pm 0,3$ mm, $n = 15$, $p = 0,001$, obrázek 20). Mt. Cameroon se šířkou zobáku liší o 0,6 mm od Oku ($3,8 \pm 0,6$ mm, $n = 17$, $p < 0,001$).



Obrázek 20: Mezilokalitní rozdíl v šířce zobáku pro obě pohlaví strdimila *Cinnyris reichenowi*, první písmeno značí vždy pohlaví (F-samice, M-samci), zkratka pak lokalitu (Bioko – Bioko, Cam – Mt. Cameroon, Kupe – Mt. Kupe, Oku – Mt. Oku)

V průměru váží nejvíce samice na lokalitě Oku ($9,3 \pm 3,6$ g, $n = 105$), které se liší o 1,7 g od samic na Kamerunské hoře ($7,7 \pm 0,6$ g, $n = 79$, $p = 0,039$). Nejmenší tělesná hmotnost vychází na ostrově Bioko ($7 \pm 0,3$ g, $n = 7$), od Oku se liší o 2,3 g, rozdíl ale není průkazný ($p = 0,647$). Na lokalitě Oku mají kratší délku běháku ($16,1 \pm 0,9$ mm, $n = 101$) než na Kamerunské hoře ($16,9 \pm 1,3$ mm, $n = 77$, $p < 0,001$). Podrobné informace o tělesné hmotnosti ukazuje tabulka 13.

5.5.3 Geografická variabilita samců *Cinnyris reichenowi*

Samci jsou více mezilokalitně odlišní než samice. Každá z lokalit se prokazatelně liší minimálně v jednom z měřených znaků, pouze rozdíl ve výšce zobáku nebyl prokázán pro žádné lokální porovnání. Geografická variabilita byla testována pomocí TukeyHSD testu.

Nejdelší křídla mají samci na Kamerunské hoře ($57,9 \pm 2,1$ mm, $n = 121$) a průkazně se liší od ostrova Bioko ($56,0 \pm 1,9$ mm, $n = 28$, $p = 0,002$) a lokality Kupe ($55,7 \pm 1,8$ mm, $n = 34$, $p < 0,001$), kde mají samci křídla nejkratší. Od stejných lokalit se liší Oku ($57,5 \pm 2,5$ mm, $n = 159$; Oku x Kupe $p < 0,001$, Oku x Bioko $p = 0,025$, tabulka 10). Nejkratší ocasní pera mají samci na Kupe ($41,0 \pm 3,5$ mm, $n = 34$), oproti Oku se liší o 2,9 ($43,8 \pm 3,5$ mm, $n = 159$, $p < 0,001$), rozdíl délky na Kupe a Kamerunu je 2,4 mm ($43,4 \pm 3,8$ mm, $n = 121$, $p = 0,009$, tabulka 11).

Délka zobáku je se u samců liší mezilokalitně nejvíce jak ukazuje tabulka 12. Nepodařilo se prokázat pouze rozdíl mezi ostrovem Bioko ($16,3 \pm 0,7$ mm, $n = 28$) a lokalitou Oku ($16,6 \pm 0,8$ mm, $n = 159$, $p = 0,822$), rozdíl těchto lokalit je nejmenší (0,287 mm). Nejvíce se liší Kamerun ($18,4 \pm 1,1$ mm, $n = 121$) od Bioka ($p < 0,001$) a také od Oku ($p < 0,001$) více viz tabulka 13, obrázek 21. V šířce zobáku se Mt. Cameroon ($4,6 \pm 0,5$ mm, $n = 38$) liší od všech ostatních lokalit. Od Kupe o 0,6 mm ($4,0 \pm 0,4$ mm, $n = 34$, $p < 0,001$), od Oku o 0,5 mm ($4,1 \pm 0,5$ mm, $n = 45$, $p < 0,001$) a mezi Biokem o 0,3 mm ($4,3 \pm 0,4$ mm, $n = 28$, $p < 0,026$). Jediným případem, kde bylo prokázáno rozdílné zakřivení zobáku, je rozdíl mezi lokalitou Kupe ($0,97 \pm 0,0$ index, $n = 34$) a Oku ($0,96 \pm 0,0$ index, $n = 45$, $p = 0,005$). Podobně jako Oku a Bioko ($0,97 \pm 0,0$ index, $n = 28$, $p = 0,061$), kde výsledek nebyl průkazný.

Tělesná hmotnost byla největší na lokalitě Oku ($11,2 \pm 4,8$ g, $n = 131$). Prokazatelně nižší hmotnost mají samci na Kamerunu ($8,5 \pm 1,3$ g, $n = 89$, $p < 0,001$) a na ostrově Bioko ($8,1 \pm 0,7$ g, $n = 17$, $p = 0,009$). Největší rozdíl je mezi Oku a Kupe ($8,0 \pm 0,6$ mm, $n = 6$), rozdíl pro tyto dvě lokality nebyl prokázán ($p = 0,292$), více viz tabulka 13.

Délka běháku se mezi lokalitou Oku ($16,9 \pm 0,9$ mm, $n = 114$) a Kamerunskou horou ($17,8 \pm 1,6$ mm, $n = 83$) průkazně liší o 0,9 mm ($p < 0,001$).

Tabulka 10: Mezilokalitní rozdíly druhu *C. reichenowi* pro délku křídla, nahoře vpravo pro samice, dole vlevo pro samce

	Bioko ♀	Mt. Cameroon ♀	Mt. Kupe ♀	Mt. Oku ♀	♀
DÉLKA KŘÍDLA	12	102	15	118	n
	51,124	53,001	52,087	52,636	průměr (mm)
	2,1	2,3	1,4	2,8	±
Bioko ♂					Bioko ♀
rozdíl (mm)		1,877	0,963	1,511	rozdíl (mm)
p-hodnota		0,169	0,966	0,413	p-hodnota
Mt. Cameroon ♂					Mt. Cameroon ♀
rozdíl (mm)	1,980		0,913	0,365	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,002		0,867	0,959	p-hodnota
Mt. Kupe ♂					Mt. Kupe ♀
rozdíl (mm)	-0,291	2,271		0,548	rozdíl (mm)
p-hodnota	1,000	0,000		0,990	p-hodnota
Mt. Oku ♂					Mt. Oku ♀
rozdíl (mm)	1,588	0,392	1,879		rozdíl (mm)
p-hodnota	0,025	0,888	0,001		p-hodnota
n	28	121	34	159	DÉLKA KŘÍDLA
průměr (mm)	55,953	57,932	55,661	57,540	
±	1,9	2,1	1,8	2,5	
♂	Bioko ♂	Mt. Cameroon ♂	Mt. Kupe ♂	Mt. Oku ♂	

Tabulka 11: Mezilokalitní rozdíly *C. reichenowi* pro délku ocasních per, nahoře vpravo pro samice, dole vlevo pro samce

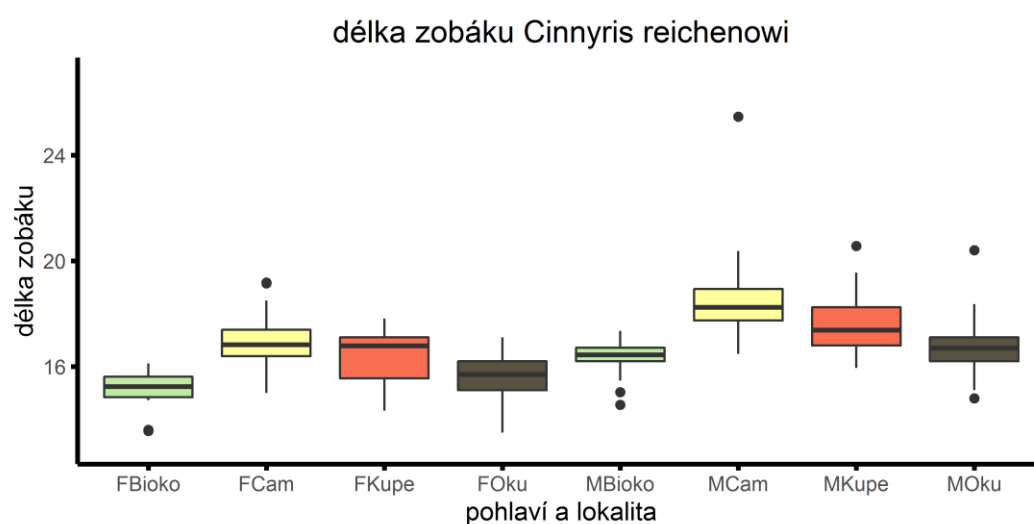
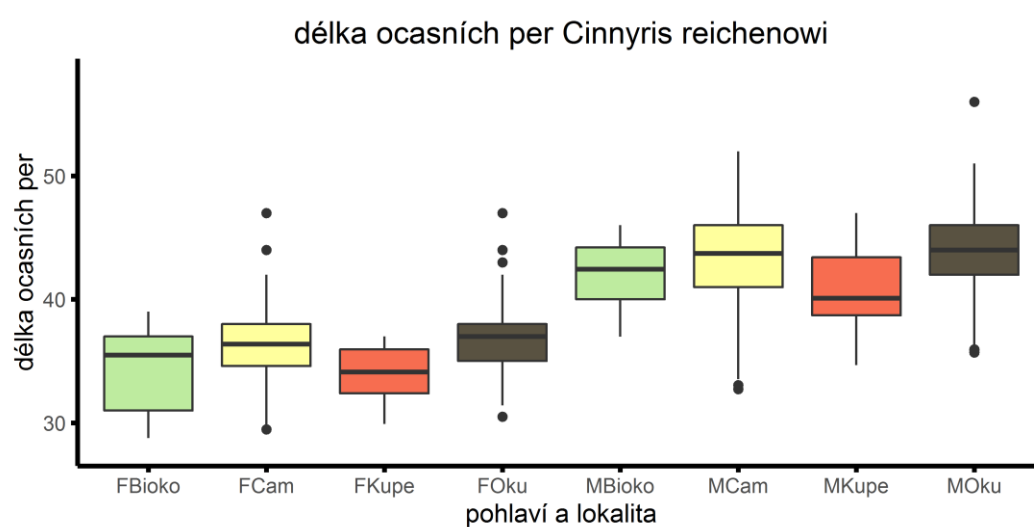
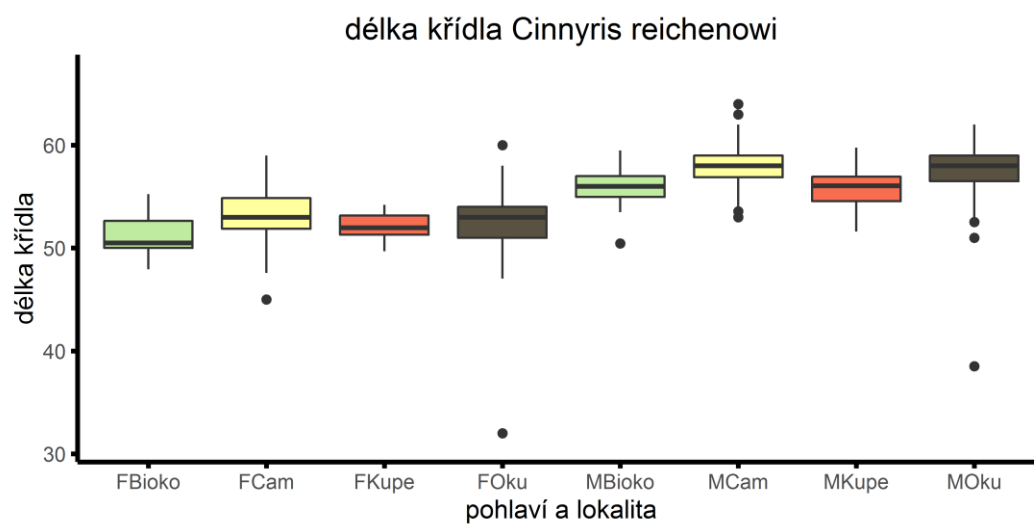
	Bioko ♀	Mt. Cameroon ♀	Mt. Kupe ♀	Mt. Oku ♀	♀
DÉLKA OCASNÍCH PER	12	102	15	118	n
	34,387	36,606	33,868	37,003	průměr (mm)
	3,3	3,6	2,3	2,9	±
Bioko ♂					Bioko ♀
rozdíl (mm)		2,219	0,519	2,616	rozdíl (mm)
p-hodnota		0,396	1,000	0,175	p-hodnota
Mt. Cameroon ♂					Mt. Cameroon ♀
rozdíl (mm)	1,285		2,738	0,397	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,624		0,075	0,992	p-hodnota
Mt. Kupe ♂					Mt. Kupe ♀
rozdíl (mm)	1,126	2,412		3,135	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,900	0,009		0,174	p-hodnota
Mt. Oku ♂					Mt. Oku ♀
rozdíl (mm)	1,726	0,441	2,853		rozdíl (mm)
p-hodnota	0,200	0,967	0,000		p-hodnota
n	28	121	34	159	DÉLKA OCASNÍCH PER
průměr (mm)	42,076	43,362	40,950	43,803	
±	2,8	3,8	3,5	3,5	
♂	Bioko ♂	Mt. Cameroon ♂	Mt. Kupe ♂	Mt. Oku ♂	

Tabulka 12: Mezilokalitní rozdíly *C. reichenowi* pro délku zobáku, nahoře vpravo pro samice, dole vlevo pro samce

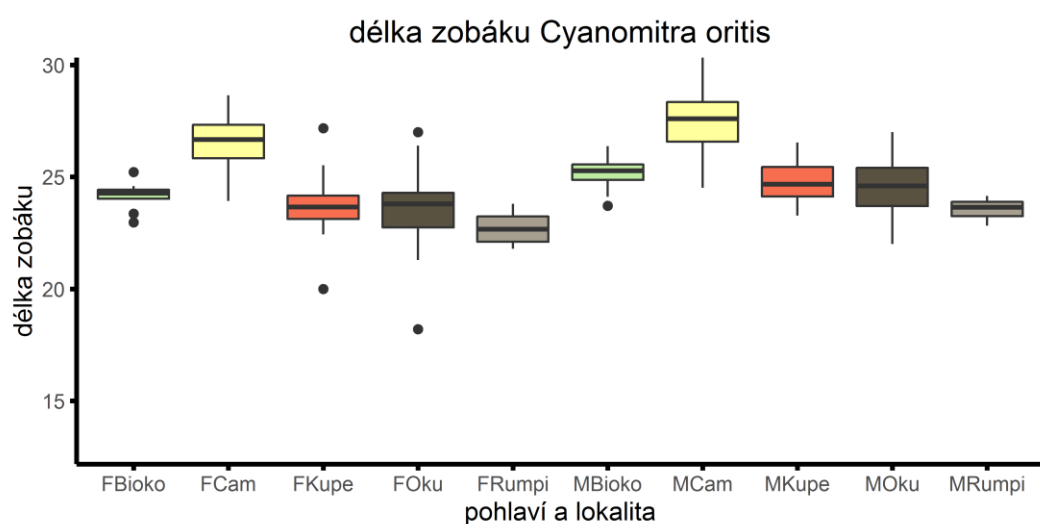
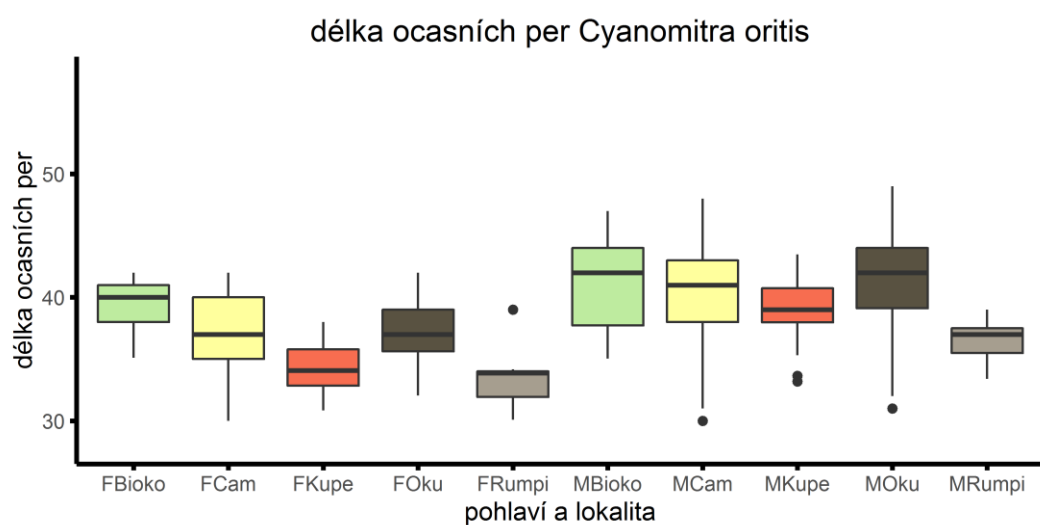
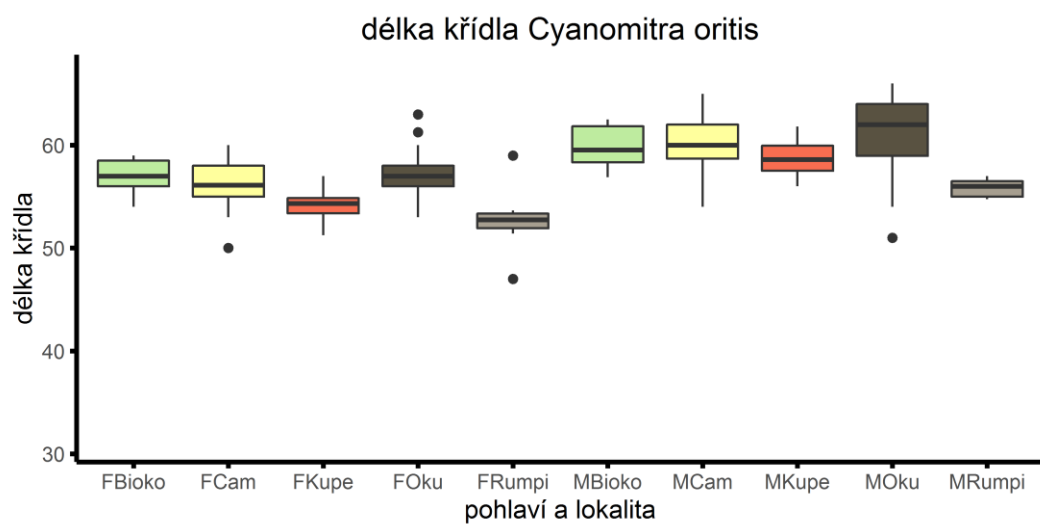
	Bioko ♀	Mt. Cameroon ♀	Mt. Kupe ♀	Mt. Oku ♀	♀
DÉLKA ZOBÁKU	12	102	15	118	n
	15,069	16,882	16,386	15,621	průměr (mm)
	0,8	0,8	1,1	0,8	±
Bioko ♂					Bioko ♀
rozdíl (mm)		1,813	1,317	0,552	rozdíl (mm)
p-hodnota		0,000	0,006	0,492	p-hodnota
Mt. Cameroon ♂					Mt. Cameroon ♀
rozdíl (mm)	2,075		0,496	1,261	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,000		0,573	0,000	p-hodnota
Mt. Kupe ♂					Mt. Kupe ♀
rozdíl (mm)	1,273	0,802		0,765	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,000	0,001		0,066	p-hodnota
Mt. Oku ♂					Mt. Oku ♀
rozdíl (mm)	0,287	1,788	0,986		rozdíl (mm)
p-hodnota	0,822	0,000	0,000		p-hodnota
n	28	121	34	159	DÉLKA ZOBÁKU
průměr (mm)	16,339	18,413	17,612	16,626	
±	0,7	1,1	1,2	0,8	
♂	Bioko ♂	Mt. Cameroon ♂	Mt. Kupe ♂	Mt. Oku ♂	

Tabulka 13: Mezilokalitní rozdíly *C. reichenowi* pro tělesnou hmotnost, nahoře vpravo pro samice, dole vlevo pro samce

	Bioko ♀	Mt. Cameroon ♀	Mt. Kupe ♀	Mt. Oku ♀	♀
TĚLESNÁ HMOTNOST	7	79	2	105	n
	7,000	7,645	7,250	9,301	průměr (g)
	0,3	0,6	0,4	3,6	±
Bioko ♂					Bioko ♀
rozdíl (g)		0,645	0,250	2,301	rozdíl (g)
p-hodnota		1,000	1,000	0,647	p-hodnota
Mt. Cameroon ♂					Mt. Cameroon ♀
rozdíl (g)	0,456		0,395	1,656	rozdíl (g)
p-hodnota	1,000		1,000	0,039	p-hodnota
Mt. Kupe ♂					Mt. Kupe ♀
rozdíl (g)	0,063	0,519		-2,051	rozdíl (g)
p-hodnota	1,000	1,000		0,989	p-hodnota
Mt. Oku ♂					Mt. Oku ♀
rozdíl (g)	3,162	2,706	3,225		rozdíl (g)
p-hodnota	0,010	0,000	0,292		p-hodnota
n	17	89	6	131	TĚLESNÁ HMOTNOST
průměr (g)	8,063	8,519	8,000	11,225	
±	0,7	1,3	0,6	4,8	
♂	Bioko ♂	Mt. Cameroon ♂	Mt. Kupe ♂	Mt. Oku ♂	



Obrázek 21: Mezilokalitní rozdíly v délce křídla, ocasních per a zobáku pro obě pohlaví strdimila *Cinnyris reichenowi*, první písmeno značí vždy pohlaví (F-samice, M-samci), zkratka pak lokalitu (Bioko – Bioko, Cam – Mt. Cameroon, Kupe – Mt. Kupe, Oku – Mt. Oku)

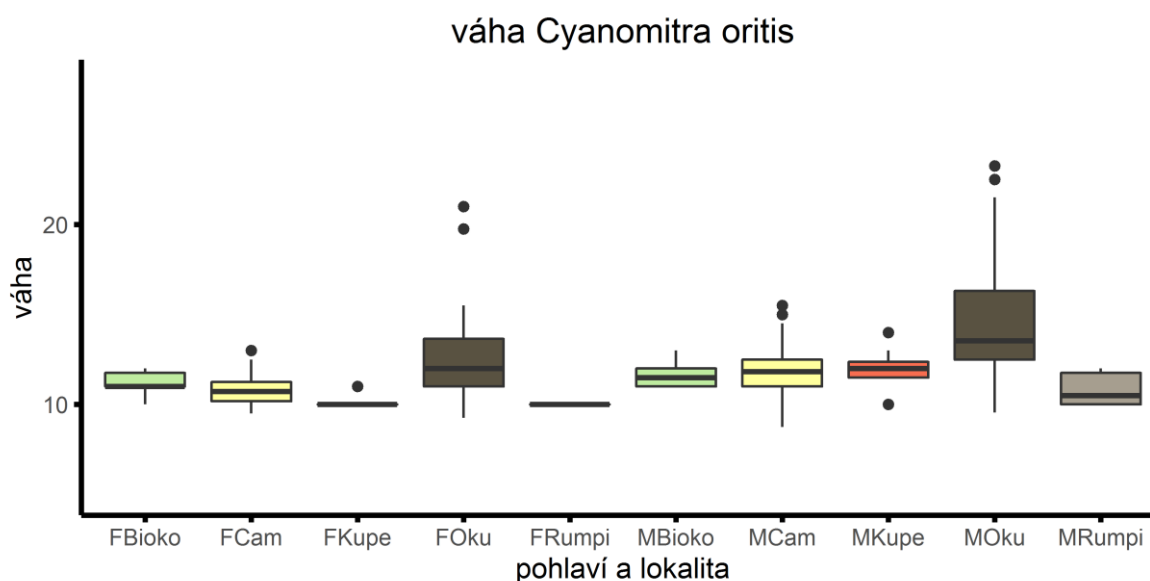


Obrázek 22: Mezilokalitní rozdíly v délce křídla, ocasních per a zobáku pro obě pohlaví strdimila *Cyanomitra oritis*, první písmeno značí vždy pohlaví (F-samice, M-samci), zkratka pak lokalitu (Bioko – Bioko, Cam – Mt. Cameroon, Kupe – Mt. Kupe, Oku – Mt. Oku, Rumpi – Rumpi Hills)

5.5.4 Geografická variabilita *Cyanomitra oritis*

Cyanomitra oritis se mezilokalitně liší ve všech zkoumaných znacích kromě šířky zobáku a jeho zakřivení. Stejně jako u *Cinnyris reichenowi* má i tento druh populaci s nejdelším rozměrem zobáku na hoře Kamerun ($27,0 \pm 1,4$ mm, $n = 126$). Naopak nejmenší zobáky mají jedinci z lokality Rumpi Hills ($23,1 \pm 0,8$ mm, $n = 17$) a na lokalitě Oku ($24,0 \pm 1,6$ mm, $n = 128$). Populace na hoře Kamerun má tedy o 16,8 % delší zobák než lokalitě Rumpi Hills a o 12,4 % delší než na lokalitě Oku, obrázek 22. Průkazný je i rozdíl mezi jedinci na lokalitě Rumpi Hills a populací ostrova Bioko ($24,7 \pm 0,9$ mm, $n = 22$). Šířka zobáku se mezilokalitně neliší. Výška zobáku je větší u populace na lokalitě Oku ($4,02 \pm 0,4$ mm, $n = 30$) než na lokalitách Kupe ($3,8 \pm 0,4$ mm, $n = 45$, $p = 0,019$) a Rumpi Hills ($3,9 \pm 0,5$ mm, $n = 17$, $p = 0,005$), jak ukazuje tabulka 16.

V délce křídla se liší populace na lokalitě Rumpi Hills ($54,3 \pm 2,7$ mm, $n = 17$) od všech ostatních lokalit. Od všech ostatních lokalit včetně Rumpi Hills se liší také Kupe ($56,4 \pm 2,8$ mm, $n = 45$). Nejdelší křídla, jak ukazuje tabulka 15. mají jedinci na lokalitě Oku ($59,2 \pm 3,0$ mm, $n = 128$). Rozdíl mezi lokalitou Rumpi Hills a Oku je 9 % ($p < 0,001$, viz tabulka 14). V délce ocasních per se neliší populace na lokalitě Kupe od populace na Rumpi Hills. Naopak populace obou těchto lokalit se liší od populací na lokalitách Oku, hoře Kamerun a ostrově Bioko, které se mezi sebou rovněž neliší (tabulka 14). Největší rozdíl je mezi jedinci na ostrově Bioko, kde se nachází populace s nejdelšími ocasními pery ($40,2 \pm 3,3$ mm, $n = 22$) a lokalitou Rumpi Hills ($35,0 \pm 2,6$ mm, $n = 17$, $p < 0,001$). Mezi lokalitami Oku ($18,9 \pm 1,5$ mm, $n = 128$) a Kamerun ($19,0 \pm 1,4$ mm, $n = 126$) je průkazný rozdíl v délce běháku ($p = 0,033$). Jedinci na lokalitě Oku jsou průkazně těžší než jedinci na ostatních lokalitách (tabulka 15).



Obrázek 23: Mezilokalitní variability v tělesné hmotnosti *Cyanomitra oritis*, první písmeno značí vždy pohlaví (F-samice, M-samci), zkratka pak lokalitu (Bioko – Bioko, Cam – Mt. Cameroon, Kupe – Mt. Kupe, Oku – Mt. Oku, Rumpi – Rumpi Hills)

Tabulka 14: Mezilokalitní variabilita u druhu *C. oritis* bez rozlišení pro délku křídla a délku ocasních per

	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	Rumpi Hills	DÉLKA KŘÍDLA
<i>Cyanomtra oritis</i>	22	126	45	128	17	n
	58,389	58,242	56,426	59,158	54,270	průměr (mm)
	2,259	3,007	2,751	3,009	2,715	±
Bioko						Bioko
rozdíl (mm)		0,147	1,963	0,769	4,119	rozdíl (mm)
p-hodnota		0,970	0,035	0,844	0,000	p-hodnota
Mt. Cameroon						Mt. Cameroon
rozdíl (mm)	1,575		1,816	0,915	3,972	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,784		0,000	0,952	0,000	p-hodnota
Mt. Kupe						Mt. Kupe
rozdíl (mm)	3,562	1,987		2,732	2,156	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,001	0,000		0,000	0,036	p-hodnota
Mt. Oku						Mt. Oku
rozdíl (mm)	1,003	0,572	2,559		4,888	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,802	1,000	0,000		0,000	p-hodnota
Rumpi Hills						Rumpi Hills
rozdíl (mm)	5,259	3,684	1,697	4,256		rozdíl (mm)
p-hodnota	0,000	0,000	0,403	0,000		p-hodnota
n	22	126	45	128	17	Cyanomtra oritis
průměr (mm)	40,216	38,641	36,654	39,213	34,957	
±	3,300	4,113	3,264	3,744	2,629	
DÉLKA OCASNÍCH PER	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	Rumpi Hills	

Tabulka 15: Mezilokalitní variabilita u druhu *C. oritis* bez rozlišení pro délku zobáku a, tělesnou hmotnost

	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	Rumpi Hills	DÉLKA ZOBÁKU
<i>Cyanomtra oritis</i>	22	126	45	128	17	n
	24,645	27,024	24,179	24,042	23,134	průměr (mm)
	0,868	1,368	1,220	1,588	0,812	±
Bioko						Bioko
rozdíl (g)		2,380	0,465	0,602	1,511	rozdíl (mm)
p-hodnota		0,000	0,500	0,224	0,003	p-hodnota
Mt. Cameroon						Mt. Cameroon
rozdíl (g)	0,162		2,845	2,982	3,890	rozdíl (mm)
p-hodnota	1,000		0,000	0,000	0,000	p-hodnota
Mt. Kupe						Mt. Kupe
rozdíl (g)	0,384	0,222		0,137	1,045	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,993	0,946		0,994	0,056	p-hodnota
Mt. Oku						Mt. Oku
rozdíl (g)	1,970	2,131	2,353		0,908	rozdíl (mm)
p-hodnota	0,005	0,000	0,000		0,061	p-hodnota
Rumpi Hills						Rumpi Hills
rozdíl (g)	1,022	0,861	0,639	2,992		rozdíl (mm)
p-hodnota	0,873	0,696	0,966	0,000		p-hodnota
n	13	109	19	111	9	Cyanomtra oritis
průměr (g)	11,439	11,277	11,055	13,408	10,417	
±	0,760	1,293	1,243	5,015	0,896	
TĚLESNÁ HMOTNOST	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	Rumpi Hills	

Tabulka 16: Mezilokalitní variabilita u druhu *C. oritis* bez rozlišení pro šířku a výšku zobáku

	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	Rumpi Hills	ŠÍŘKA ZOBÁKU
<i>Cyanomtra oritis</i>	22	23	45	30	17	n
	4,813	4,819	4,720	4,643	4,608	průměr (mm)
	0,237	0,506	0,515	0,626	0,327	±
Bioko						Bioko
rozdl (mm)		0,006	0,093	0,171	0,206	rozdl (mm)
p-hodnota		0,997	0,968	0,759	0,595	p-hodnota
Mt. Cameroon						Mt. Cameroon
rozdl (mm)	0,005		0,099	0,177	0,212	rozdl (mm)
p-hodnota	1,000		0,615	0,257	0,215	p-hodnota
Mt. Kupe						Mt. Kupe
rozdl (mm)	0,099	0,104		0,078	0,113	rozdl (mm)
p-hodnota	0,671	0,238		0,956	0,828	p-hodnota
Mt. Oku						Mt. Oku
rozdl (mm)	0,110	0,105	0,209		0,035	rozdl (mm)
p-hodnota	0,905	0,648	0,019		0,992	p-hodnota
Rumpi Hills						Rumpi Hills
rozdl (mm)	0,031	0,035	0,069	0,140		rozdl (mm)
p-hodnota	0,066	0,023	0,301	0,005		p-hodnota
n	22	23	45	30	17	
průměr (mm)	3,911	3,916	3,812	4,021	3,881	
±	0,389	0,400	0,415	0,369	0,467	
VÝŠKA ZOBÁKU	Bioko	Mt. Cameroon	Mt. Kupe	Mt. Oku	Rumpi Hills	<i>Cyanomtra oritis</i>

5.5.5 Geografická variabilita samic *Cyanomitra oritis*

Samice druhu *C. oritis* jsou geograficky velmi variabilní, signifikantní mezilokalitní rozdíl byl prokázán pro délku křídla, ocasních per, délku a výšku zobáku a tělesnou hmotnost.

Průměrně nejdelší křídla ($57,3 \pm 1,8$ mm, $n = 57$) mají samice na lokalitě Oku, naopak nejkratší křídla byla zaznamenána na lokalitě Rumpi Hills ($52,7 \pm 2,9$ mm, $n = 10$), od které se statisticky liší o 4,6 mm ($p < 0,001$). Oku se také liší od Kupe ($54,1 \pm 1,4$ mm, $n = 22$, $p < 0,001$). Bioko se s druhou největší hodnotou délky křídla ($56,9 \pm 1,9$ mm, $n = 9$) liší o 4,2 mm ($n = 9$) prokazatelně liší od Rumpi Hills ($p = 0,005$). Signifikantní rozdíl je i mezi horou Kamerun ($56,4 \pm 2,1$ mm, $n = 33$) a Rumpi Hills ($p = 0,001$). Největší rozdíl v délce ocasních per je mezi samicemi z ostrova Bioko ($39,3 \pm 2,4$ mm, $n = 9$) a lokalitou Rumpi Hills ($33,4 \pm 2,6$ mm, $n = 10$, $p = 0,005$). Nejmenší rozměr na Bioku se také liší od Kupe ($34,3 \pm 1,9$ mm, $n = 22$, $p = 0,005$). Samice s druhým nejdelším rozměrem ocasních per pocházejí z lokality Oku ($37,1 \pm 2,4$ mm, $n = 57$) a od Kupe se liší o 2,7 mm ($p = 0,025$).

Na hoře Kamerun mají samice nejdelší rozměr zobáku oproti všem ostatním lokalitám (tabulka 19). Největší rozdíl je mezi Kamerunem ($26,6 \pm 1,2$ mm, $n = 33$) a Rumpi Hills ($22,7 \pm 0,8$ mm, $n = 10$, $p < 0,001$). Druhá největší odlišnost pak od Oku ($23,6 \pm 1,7$ mm, $n = 57$, $p < 0,001$).

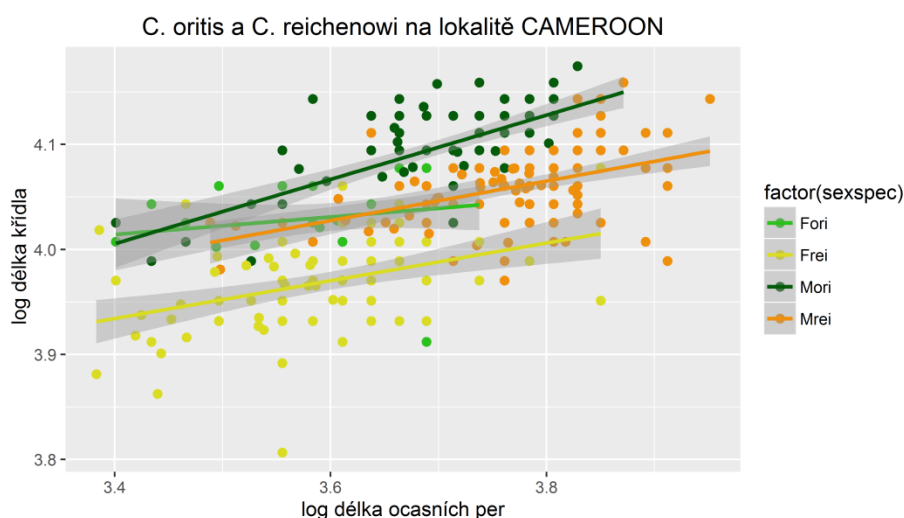
Samice druhu *C. oritis* se neliší mezi žádnou z lokalit v šířce zobáku a v jeho zakřivení. Výška zobáku se liší pouze pro Oku ($4,0 \pm 0,3$ mm, $n = 15$) a Rumpi Hills ($3,4 \pm 0,3$ mm, $n = 10$), liší se o 0,6 mm ($p = 0,005$). Na Oku ($12,4 \pm 2,5$ g, $n = 48$) jsou samice těžší než na Kupe ($10,0 \pm 0,3$ g, $n = 9$, $p = 0,045$). Stejně jako oproti Kamerunu ($10,8 \pm 0,8$ g, $n = 29$, $p = 0,025$).

5.5.6 Geografická variabilita samců *Cyanomitra oritis*

Samci jsou prokazatelně mezilokalitně variabilní ve všech měřených znacích, kromě šířky, výšky a zakřivení zobáku. Výsledky byly testovány za pomoci TukeyHSD testu.

Nejdelší křídla samci na lokalitě Oku ($61,0 \pm 3,1$ mm, $n = 71$), nejmenší na lokalitě Rumpi Hills ($55,8 \pm 0,9$ mm, $n = 7$). Rozdíl těchto lokalit je o 5,2 mm ($p < 0,001$). Samci na Kamerunu mají druhá nejdelší křídla ($60,1 \pm 2,6$ mm, $n = 93$) a liší se od Rumpi Hills ($p < 0,001$). Na ostrově Bioko je délka křídel $59,9 \pm 1,9$ mm ($n = 13$) a také se liší od Rumpi Hills ($55,8 \pm 0,9$ mm, $n = 7$, $p = 0,012$). Největší a jediný průkazný rozdíl délky ocasních per je mezi lokalitou Oku ($41,2 \pm 3,8$ mm, $n = 71$) a Rumpi Hills ($36,5 \pm 1,9$ mm, $n = 7$), kde je rozměr ocasního peří na Oku o 4,9 mm větší než na Rumpi Hills ($p = 0,006$).

Délka zobáku se lišila od všech ostatních lokalit na lokalitě Mt. Cameroon ($27,5 \pm 1,3$ mm, $n = 93$), kde nejvíce převyšovala lokalitu Rumpi Hills ($23,6 \pm 0,5$ mm, $n = 7$) s rozdílem 3,9 mm ($p < 0,001$). Nejméně se zobák samců z Mt. Cameroon liší od samců na ostrově Bioko, rozdíl je 2,4 mm ($n = 13$, $p < 0,001$). Ostatní lokality se prokazatelně navzájem neliší (obrázek 22). Samci se mezilokalitně neliší žádném dalším parametru, který byl na zobáku měřen. Samci dosahují největší tělesné hmotnosti na lokalitě Oku ($14,4 \pm 2,9$ g, $n = 63$), nejmenší jsou na lokalitě Rumpi Hills ($10,8 \pm 1,0$ g, $n = 6$, $p = 0,002$). Oku se v hmotnosti liší od všech ostatních lokalit, nejmenší rozdíl je mezi lokalitou Kupe ($12,0 \pm 1,1$ g, $n = 10$) a kde se liší o 2,4 g ($p = 0,018$).



Obrázek 24: Analýza kovariance závislosti délky křídla a délky ocasních per u samců a samic druhů *C. oritis* (ori) a *C. reichenowi* (rei) na lokalitě Mt. Cameroon. První písmeno značí pohlaví: F – samice, M – samce

Tabulka 17: Mezilokalitní variabilita u druhu *C. oritis* pro délku křídla, nahoře vpravo pro samice, dole vlevo pro samce

DÉLKA KŘÍDLA	Bioko ♀ 9 56,930 1,6	Mt. Cameroon ♀ 33 56,380 2,1	Mt. Kupe ♀ 22 54,140 1,4	Mt. Oku ♀ 57 57,310 1,8	Rumpi Hills ♀ 10 52,720 2,9	♀ n průměr (mm) ±
Bioko ♂ rozdíl (mm) p-hodnota		0,550 1,000	2,790 0,092	0,380 1,000	4,210 0,005	Bioko ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Cameroon ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	0,256 1,000		2,240 0,024	0,930 0,739	3,660 0,001	Mt. Cameroon ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Kupe ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	1,136 0,936	1,392 0,293		3,170 0,000	1,420 0,858	Mt. Kupe ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Oku ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	1,157 0,840	0,901 0,341	2,293 0,004		4,590 0,000	Mt. Oku ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Rumpi Hills ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	4,028 0,012	4,284 0,000	2,892 0,137	5,185 0,000		Rumpi Hills ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
n průměr (mm) ±	13 59,848 1,9	93 60,104 2,6	23 58,712 1,7	71 61,005 3,1	7 55,82 0,9	DÉLKA KŘÍDLA
♂	Bioko ♂	Mt. Cameroon ♂	Mt. Kupe ♂	Mt. Oku ♂	Rumpi Hills ♂	

Tabulka 18: Mezilokalitní variabilita *C. oritis* pro délku ocasních per, nahoře vpravo pro samice, dole vlevo pro samce

DÉLKA OCASNÍCH PER	Bioko ♀ 9 39,260 2,4	Mt. Cameroon ♀ 33 36,940 3,1	Mt. Kupe ♀ 22 34,340 1,9	Mt. Oku ♀ 57 37,080 2,4	Rumpi Hills ♀ 10 33,430 2,6	♀ n průměr (mm) ±
Bioko ♂ rozdíl (mm) p-hodnota		2,320 0,651	4,920 0,005	2,180 0,671	5,830 0,005	Bioko ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Cameroon ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	0,829 0,997		2,600 0,097	0,140 1,000	3,510 0,106	Mt. Cameroon ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Kupe ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	2,203 0,623	1,374 0,735		2,740 0,025	0,910 0,999	Mt. Kupe ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Oku ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	0,174 1,000	1,003 0,626	2,377 0,075		3,650 0,051	Mt. Oku ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Rumpi Hills ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	4,687 0,060	3,858 0,070	2,484 0,743	4,861 0,006		Rumpi Hills ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
n průměr (mm) ±	13 41,171 3,6	93 40,342 3,7	23 38,968 2,6	71 41,345 3,8	7 36,484 1,9	DÉLKA OCASNÍCH PER
♂	Bioko ♂	Mt. Cameroon ♂	Mt. Kupe ♂	Mt. Oku ♂	Rumpi Hills ♂	

Tabulka 19: Mezilokalitní variabilita u druhu *C. oritis* v délce zobáku, nahoře vpravo pro samice, dole vlevo pro samce

	Bioko ♀	Mt. Cameroon ♀	Mt. Kupe ♀	Mt. Oku ♀	Rumpi Hills ♀	♀
DÉLKA ZOBÁKU	9 24,150 0,7	33 26,550 1,2	22 23,670 1,3	57 23,590 1,7	10 22,710 0,8	n průměr (mm) ±
Bioko ♂ rozdíl (mm) p-hodnota		2,400 0,000	0,480 0,994	0,560 0,967	1,440 0,360	Bioko ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Cameroon ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	2,359 0,000		2,880 0,000	2,960 0,000	3,840 0,000	Mt. Cameroon ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Kupe ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	0,451 0,991	2,810 0,000		0,080 1,000	0,960 0,708	Mt. Kupe ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Mt. Oku ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	0,645 0,813	3,004 0,000	0,194 1,000		0,880 0,712	Mt. Oku ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
Rumpi Hills ♂ rozdíl (mm) p-hodnota	1,581 0,256	3,940 0,000	1,130 0,642	0,936 0,777		Rumpi Hills ♀ rozdíl (mm) p-hodnota
n průměr (mm) ±	13 25,139 0,7	93 27,498 1,3	23 24,688 0,9	71 24,494 1,1	7 23,558 0,5	DÉLKA ZOBÁKU
♂	Bioko ♂	Mt. Cameroon ♂	Mt. Kupe ♂	Mt. Oku ♂	Rumpi Hills ♂	

Tabulka 20: Mezilokalitní variabilita *C. oritis* pro tělesnou hmotnost, nahoře vpravo pro samice, dole vlevo pro samce

	Bioko ♀	Mt. Cameroon ♀	Mt. Kupe ♀	Mt. Oku ♀	Rumpi Hills ♀	♀
TĚLESNÁ HMOTNOST	7 11,210 0,7	29 10,810 0,8	9 10,110 0,3	48 12,440 2,5	3 10,000	n průměr (g) ±
Bioko ♂ rozdíl (g) p-hodnota		0,400 1,000	1,100 0,983	1,230 0,879	1,210 0,997	Bioko ♀ rozdíl (g) p-hodnota
Mt. Cameroon ♂ rozdíl (g) p-hodnota	0,077 1,000		0,700 0,996	1,630 0,025	0,810 1,000	Mt. Cameroon ♀ rozdíl (g) p-hodnota
Mt. Kupe ♂ rozdíl (g) p-hodnota	0,333 1,000	0,256 1,000		2,330 0,045	0,110 1,000	Mt. Kupe ♀ rozdíl (g) p-hodnota
Mt. Oku ♂ rozdíl (g) p-hodnota	2,709 0,048	2,632 0,000	2,376 0,018		2,440 0,546	Mt. Oku ♀ rozdíl (g) p-hodnota
Rumpi Hills ♀ rozdíl (g) p-hodnota	0,834 0,999	0,911 0,985	1,167 0,979	3,543 0,002		Rumpi Hills ♀ rozdíl (g) p-hodnota
n průměr (g) ±	6 11,667 0,8	80 11,744 1,4	10 12,000 1,1	63 14,376 2,9	6 10,833 1,0	TĚLESNÁ HMOTNOST
♂	Bioko ♂	Mt. Cameroon ♂	Mt. Kupe ♂	Mt. Oku ♂	Rumpi Hills ♂	

6 Diskuze

6.1 Porovnání muzejních a terénních dat

Měření morfologických znaků má v ornitologii velké využití, častým zdrojem těchto měření jsou muzejní kolekce, které umožňují velké rozšíření datového souboru, který by byl jinak omezen, náročná terénní měření. Hlavní problematikou terénních měření je kromě finanční i technické náročnosti také nepřesnost měření v terénních podmínkách. Rovněž muzejní měření nesou jisté nevýhody, diskutována jsou s nevýhodou možného sesychání muzejních exemplářů, a tak i jejich měřených znaků (Totterman 2016).

Základní otázkou je pak porovnatelnost těchto dvou druhů dat. Analýzy uvedené v mé diplomové práci ukazují, že oba druhy dat lze úspěšně kombinovat, neboť jsme neprokázali statisticky významné odchylky. Výsledky práce nepotvrzují vliv sesychání muzejních vzorků na výsledky prováděných analýz. Minimální odchylky mezi terénními a muzejními daty umožňující vzájemné porovnávání některých znaků ukazuje i studie Tottermana (2016), který u buřňáka tenkozobého (*Puffinus tenuirostris*), uvádí jako velmi spolehlivé znaky jako je délka křídla, ocasních per a společná délka hlavy včetně zobáku. Změna délky křídla u muzejních exponátů byla zkoumána mnoha autory například u havrana polního (*Corvus frugilegus*), bělokura rousného *Lagopus lagopus* (Knox 1980) a kulíka písečného (*Charadrius hiaticula*, Green 1980).

Změna se u preparovaných ptačích exemplářů projevuje po 2 až 5 měsících (Totterman 2016). Obvykle se rozdíl pohybuje do desetiny procenta (Totterman 2016, Knox 1980), výsledek muzejních měření je tak s terénními daty srovnatelný. Naopak nespornou výhodou muzejních kolekcí je možnost kdykoliv exempláře přeměřit nebo pořídit jejich kvalitní fotodokumentaci. Exempláře je také možné skenovat nebo měřit detailní tělesné struktury (Totterman 2016).

Příčinou některých rozdílů mohou být změny rozměrů některých znaků v průběhu roku. Změny mohou nastat především u znaků, jejichž rozměr ovlivňuje délka per, která je ovlivněna přepeřováním (Pienkowski & Minton 1973). Ta se neliší mezi terénními a muzejními daty.

Přesnost měření je ovlivněna jak u terénních měření, tak u muzejních exponátů. Muzejní exponáty mohou být ovlivněny především způsobem preparace a její kvalitou. Naopak u terénních měření může docházet k nepřesnostem měření, nebo velkému rozptylu dat např. tělesné hmotnosti.

6.2 Obecný pohlavní dimorfismus

Různá míra pohlavního dimorfismu je potvrzena u mnoha nektarivorních druhů (Feinsinger 1976, Gill & Wolf 1978, Paton & Collins 1989, Temeles et al. 2000). U všech třech strdimilů zkoumaných v této práci byl prokázán pohlavní dimorfismus hned v několika znacích. Častým je u nektarivorů pohlavní dimorfismus v délce zobáku (Feinsinger 1976, Gill & Wolf 1978, Paton & Collins 1989, Temeles et al. 2000). U většiny zkoumaných druhů najdeme mezipohlavní rozdíl v délce zobáku minimálně jeden milimetr v závislosti na druhu (Gill & Wolf 1978, Paton & Collins 1989). Stejný výsledek ukazují i tyto tři druhy, kde se mezipohlavní rozdíl v délce zobáku pohybuje mezi 6–7,2 %. Podle Gill & Wolf (1978) a Paton & Collins (1989) mají delší zobák u strdimilů obvykle samci, což výsledky této práce potvrzují u všech třech zkoumaných druhů.

Pohlavní dimorfismus je často prezentován jako výsledek separace potravních nik pro redukci vnitrodruhové kompetice. Může se projevovat i odlišným potravním chováním pohlaví (Collins & Paton 1989, Temeles et al. 1993, Temeles et al. 2000, Freeman 2014). Pohlavní rozdíl v délce zobáku může mít zcela zásadní vliv ekologii druhu, především ve vztahu s živnými rostlinami (Freeman 2014). Podle Temeles et al. 2000 může každé pohlaví navštěvovat vlastní rostlinný druh, který je ve shodě s délkou a tvarem jeho zobáku. V oblastech kde je přítomen pouze jeden z původních rostlinných druhů, může docházet dokonce k diverzifikaci květů do dvou typů, z toho jeden navštěvují samice a druhý samci, jako je tomu u kolibříka nachovohrdlého (*Eulampis jugulari*) a rostliny rodu *Heliconia bihai*. Samice tohoto kolibříka mají zobák delší až o 30 % než samci (Temeles et al. 2000). V starším článku u jiného druhu kolibříka uvádí jako příčinu pohlavního dimorfismu, kombinaci vnitrodruhové potravní kompetice, reprodukčních rolí a možného pohlavního výběru (Temeles et al. 1993).

Pohlavní rozdíl v zakřivení zobáku nektarivorů může být i 60 % (Temeles et al. 2010). V kontrastu s výsledky u jiných nektarivorních druhů některých autorů se nepodařilo prokázat pohlavní dimorfismus v zakřivení zobáku pro žádný ze zkoumaných druhů.

Pohlavní dimorfismus se týká také dalších morfologických znaků. Na rozdíl od morfologických parametrů zobáku, mohou být méně vázané na potravní zdroj a mohou tak vypovídat o dalších aspektech jako pohlavní výběr, teritorialita apod. (Collins & Paton 1989).

Pohlavní dimorfismus v tělesné velikosti se podařilo prokázat u *C. reichenowi*, která se pohlavně liší ve všech znacích, kromě zakřivení zobáku. Stejně výsledky vycházejí pro druh *C. oritis*, s tím rozdílem, že pro tělesnou hmotnost a šířku zobáku byl výsledek na hranici průkaznosti. Kvůli absenci dat o tělesné hmotnosti u *C. oritis* byl použit pouze datový soubor z terénních měření a z muzea v Bonnu ($n = \text{♀ } 96, \text{ ♂ } 165$). Pro šířku zobáku naopak byla použita data pouze z muzejních

měření ($n = \text{♀ } 62, \text{ ♂ } 75$). Data ukazují, že tělesná hmotnost má velký rozptyl hodnot což může být příčina neprůkazného výsledku ($\text{♀ } 11,5 \pm 2,0 \text{ g}, \text{ ♂ } 12,7 \pm 2,4 \text{ g}$). Podle Temeles et al. (2000, 2010) je u nektarivorních ptáků pohlavní rozdíl tělesné hmotnosti častý a bývá vázán na dimorfismus dalších znaků jako například délky zobáku (Temeles et al. 2000) nebo délky křídel (Collins & Paton 1989), jak potvrzují výsledky u *C. reichenowi*. Tělesná hmotnost je často závislá na aktuální kondici měřených jedinců a její hodnoty se mohou rychle měnit v závislosti na denní době i sezóně (Collins & Paton 1989).

Celková analýza kovariance bez rozlišení lokalit ukazuje, negativně alometrický vztah tělesné hmotnosti a délky zobáku, kdy velikost těla ukazuje negativní závislost vzhledem k délce zobáku. Obě pohlaví však ukazují podobnou závislost. Tělesná hmotnost tedy nemusí mít přímou souvislost s ostatními znaky a může být zkreslena mnoha faktory. Někteří autoři především u kolibříků často udávají pozitivní vztah velikosti zobáku s tělesnou velikostí (Feinsinger & Colwell 1978). Pozitivní vztah mezi velikostí těla a morfologií zobáku, může znejasňovat, zda jsou ekologické rozdíly mezi pohlavím příčinou nebo důsledkem daných rozdílů (Shine 1989), pozitivní vztah tělesné hmotnosti a délky zobáku zde však prokázán nebyl.

Z dalších měřených znaků se všechny tři zkoumané druhy pohlavně liší v délce křídla a délce ocasních per. U druhu *C. reichenowi* a *C. oritis* se pohlaví liší i v dalších znacích. Ve všech průkazně odlišných znacích jsou samci větší než samice. Prodloužená křídla samců u strdimilů, ale i dalších nektarivorních skupin potvrzuje (Collins & Paton 1989).

Nejméně pohlavně dimorfní je tedy druh *C. bouvieri*, kde zároveň máme nejnižší počet měření. Dimorfismus je průkazný pro délku křídla a délku ocasních per ($n = \text{♀ } 34, \text{ ♂ } 56$), další pohlavní rozdíl nebyl prokázán. Příčinou nízkého počtu průkazných rozdílů je pravděpodobně malý počet měření pro tento druh, počet měřených jedinců je pro další znaky výrazně nižší než u průkazně dimorfních znaků.

Pohlavní rozdíl v délce křídla a ocasních per může být důsledkem pohlavního výběru z hlediska kompetice samců o samice nebo teritoria. Delší křídla samců, stejně jako ocasní pera mohou zlepšovat letové schopnosti a manévrování (Collins & Paton 1989).

6.3 Lokální pohlavní dimorfismus

Některé pohlavní rozdíly byly prokázány nejen na druhové úrovni, ale také na úrovni lokálních populací. Samci taktéž dosahují ve všech znacích vyšších hodnot než samice na lokální úrovni. Míra posunu znaků se u samců a samic v některých znacích velmi liší. Ačkoliv průměrné hodnoty samců jsou vždy vyšší, často se nepovedlo statisticky prokázat i poměrně výrazné rozdíly. Příčinou může

být nedostatečný počet jedinců pro daný znak či lokalitu. Každý druh je pohlavně dimorfní v délce křídla, ocasních per a zobáku, alespoň na jedné z lokalit, *C. reichenowi* se v těchto třech znacích liší na všech zahrnutých lokalitách. Výrazný pohlavní dimorfismus v délce křídla ocasních per a zobáku může mít odůvodnění v zásadním ekologickém významu těchto znaků, zároveň může mít vliv i velký datový soubor pro tyto tři znaky.

Nejméně lokalit s pohlavně dimorfními populacemi se podařilo prokázat u druhu *C. bouvieri*. Pouze pro lokalitu Mt. Oku byl získán dostatečný datový soubor (♀ 26, ♂ 43) a byl tak zde prokázán pohlavní dimorfismus v délce zobáku, křídla i ocasních per. Naopak *Cinnyris reichenowi* je nejvíce pohlavně dimorfní i v rámci lokálních populací. Ta se v délce zobáku, křídel i ocasních per odlišuje na všech lokalitách. U *C. oritis* mají samci tyto znaky průkazně větší na lokalitách Mt. Cameroon, Mt. Na Kupe se u *C. oritis* průkazně liší pouze délka ocasních per a křídla, ačkoliv je rozdíl průměrných hodnot délky zobáku na této lokalitě největší, výsledek není statisticky průkazný, příčinou může být menší datový soubor v porovnání s ostatními lokalitami.

Délka ocasních per je výrazně rozdílným znakem mezi samci a samicemi. Na jednotlivých lokalitách mají samci *Cinnyris reichenowi* prodloužená ocasní pera až o 22,4 % u *C. oritis* pouze až o 13,5 %. Jedná se tedy o výrazný pohlavní rozdíl. Možným důvodem většího rozdílu u *C. reichenowi* může být větší agresivita tohoto druhu (Mann & Cheke 2010) a tedy zvýšené potřeba lepších letových schopností. Vzhledem k tomu, že se jedná o rozdíl jednotlivých pohlaví, pravděpodobně bude příčinnou souvislost s pohlavním výběrem. Ať už se jedná o teritorialitu ve smyslu zahánění soupeře nebo případné vábení samic, je velmi pravděpodobná souvislost s efektivním pohybem ve vzduchu.

Různá délka křídla může být zapříčiněna také teritoriálním chováním samců. Tento rozdíl může mít spojitost s manévry v letu a ale také s celkovou větší velikostí ostatních znaků (Feinsinger & Colwell 1978). Jak ukazuje analýza kovariance, rozdílná závislost tělesné hmotnosti a délky křídla poukazuje především na lokalitě Mt. Cameroon pro *C. oritis* na zvýšený selekční tlak pro delší křídla samců a jejich tělesnou hmotnost.

Zcela rozdílná morfologie zobáku na hoře Kamerun mezi pohlavím může svědčit o rozdělení potravních zdrojů samců a samic jako například u kolibříka nachovohrdlého (*Eulampis jugularis*), kde každé pohlaví navštěvuje jiný druh rostliny rodu *Heliconia* (Temeles et al. 2000). Rozdílná morfologie zobáku může souviset také být předmětem pohlavního výběru (Paton & Collins 1989). V tomto případě se může jednat například o jinou živnou rostlinu, nebo jiný typ živočišné potravy. Ten se může projevit i na rozdílné délce křídel a ocasních per, takové výsledky uvádí (Lack 1973), ale pouze na mezidruhovém úrovní. S možným jiným využíváním prostorových struktur, například ve spojitosti s lovem hmyzu, může souviset i prodloužená délka běháku samců na hoře Kamerun,

v případě *C. reichenowi* i na Mt. Oku. Získávání nektaru z některých rostlin mohou bránit dlouhé květní stopky a stonky (Rocca & Sazima 2010, Janeček et al. 2015). U rostlin Nového světa mají dlouhé a tenké stopky druhy rostlin opylované nektarivory v letu, zatímco druhy opylované vsedě často mají rostlinné struktury pevné a tlusté, stejně jako stěny květu (Rocca & Sazima 2010). Prodloužený běhák může být adaptací právě na tyto rostliny.

Samci *Cinnyris reichenowi* se od samic nejvíce liší na hoře Kamerun v šesti z osmi měřených znaků, kromě tělesné hmotnosti a zakřivení zobáku, zatímco na Oku se šířka a výška zobáku pohlavně neliší. Lokalita Mt. Oku je jediná, kde jsou samci průkazně těžší než samice, a to jak u druhu u *Cyanomitra oritis*, tak u *Cinnyris reichenowi*.

6.4 Geografická variabilita

C. oritis i *C. reichenowi* vykazují velkou míru mezilokalitní variability. Rozdíl morfologických znaků vypovídá o významných ekologických aspektech, adaptacích, specializacích nebo pohlavním výběru na lokálním území (Paton & Collins 1989). Často najdeme velkou geografickou variabilitu mezi jednotlivými populacemi ostrovů i pevniny (Lack 1973, Paton & Collins 1989, Temeles et al. 2000). Ta může být zapříčiněna oddělením původních populací a jejich následnou divergencí (Smith et al. 1997, Smith et al. 2005). Podle některých autorů může dojít k silnému lokálnímu dimorfismu populací i v případech, kde se populace kříží, ale je přítomný významný selekční tlak (Smith et al. 2005, Chaves et al. 2007). Selekční tlak ovlivňující morfologii na lokální i druhové úrovni může mít různou podobu, může se jednat o vlastnosti prostředí (Smith et al. 1997, Chaves et al. 2007), druhové složení společenstva (Riegert et al. 2011) nebo pohlavní výběr (Smith et al. 1997, Smith et al. 2005, Chaves et al. 2007). Kolibřík mozaikový (*Adelomyia melanogenys*) vykazuje v oblasti And na dvou lokalitách (vnitrozemní a příbřežní) zcela odlišnou morfologii právě díky rozdílům prostředí (Chaves et al. 2007). Populace bulbula malého (*Andropadus virens*) v Kamerunu se liší mezi lesnatou oblastí a ekotonem (přechodová zóna mezi africkým deštným pralesem a savanou). I přes vysoký počet migrantů a křížení populací jsou morfologicky odlišné a rozdíly mezi nimi jsou srovnatelně velké jako mezi příbuznými druhy (Smith et al. 1997). Adaptace jsou podpořeny velkým stupněm endemismu především právě v horských oblastech, kde jsou často specifické podmínky a druhové složení lokálního charakteru (Lack 1972). Význam má struktura prostředí, ale i dostupnost potravy a její forma. U populace menší *Cyanomitra verticalis*, která sbírá na kmenech a větvičkách pavouky, larvy cikád, zatímco *Nectarinia kilimensis* z letu loví mravence, včely, tiplice a další létavý hmyz (Kramer 1975).

U kolibříků dochází u některých krátkozobých druhů k loupení nektaru probodáváním korunní trubice (Feinsinger & Colwell 1978). *C. reichenowi* se na hoře Kamerun liší jako jediná od všech

ostatních lokalit i šířkou zobáku, jedinci tohoto druhu zde byli pozorováni na rostlinných druzích s dlouhou korunní trubicí, ze kterých na rozdíl od *Cyanomitra oritis* získávali nektar loupeživou metodou – probodnutím spodní části korunní trubice, stejné chování bylo pozorováno i u strdimila *Cyanomitra obscura* (Janeček et al. 2015). Silnější kořen zobáku může tuto metodu usnadňovat nebo snižovat energetickou náročnost, tohoto chování. *C. oritis* se na žádné z lokalit v šířce zobáku neliší, zatímco další morfologické znaky ano, což nasvědčuje, že probodávání květů může být příčinou širšího rozměru zobáku. *Cinnyris reichenowi* má na hoře Kamerun delší zobák než na ostatních lokalitách stejně jako *C. oritis*, i přesto má *C. oritis* zobák výrazně delší. *Cinnyris reichenowi* často navštěvují rostliny, které se více shodují s kratší délkou jejich zobáku, jako je *Impatiens sakeriana* a *I. Etindensis*. Nektar loupí pouze z dlouhotrubé *Impatiens niamniamensis*. Dlouhozobé druhy sají nektar bez poškozování květů, naopak druhy od určité délky korunní trubky, získávají nektar poškozováním květů (Geerts & Pauw 2009, Janeček et al. 2015). Stejně jako u *Cinnyris reichenowi* má i *C. oritis* populaci s nejdelším rozměrem zobáku na hoře Kamerun. Podle výzkumu kolektivu Janeček et al. (2015) ze stejné oblasti, je *C. oritis* jediný druh, který je díky dlouhému rozměru zobáku schopen opylovat všech 6 sledovaných druhů rostlin rodu *Impatiens* (Janeček et al. 2015). Podle některých autorů se na hoře vyskytuje okolo 22 druhů strdimilů (Cheke et al. 2001), ale pouze pár druhů je specializováno na tento rod rostlin, jeden z nich je právě *Cyanomitra oritis*, která schopna, na rozdíl od *C. reichenowi*, legitimně čerpat nektar i z druhů, které mají dlouhou korunní trubicí (*I. niamniamensis*, *I. frithii* a *I. hians*). Druhy s dlouhou korunní trubicí tak sdílejí *C. oritis* jako hlavního opylovače (Janeček et al. 2015). Změna chování v loupení nektaru z květů s dlouhou korunní trubicí může být následkem nekompatibility znaků rostliny a ptačího druhu (Janeček et al. 2015, Lara & Ornelas, 2001).

Délka zobáku je výrazným faktorem ovlivňujícím fitness, u nektarivorních druhů je příčinou změny morfologie zobáku pravděpodobně selekce vzhledem k potravnímu zdroji (Smith et al. 2000, Temeles & Roberts 1993). Výsledky uvedené v této práci potvrzuje část studie Smith et al. 2000, kde byla u *C. oritis* prokázána délka vrchní čelisti na hoře Kamerun než na lokalitách Bioko, Kupe a Oku, výsledky však byli měřeny pouze na dospělých samcích (Smith et al. 2000). Stejný výsledek zde ukazujeme jak populace na Mt. Cameroon celkově, tak pro samce i samice zvlášť, proto pravděpodobně není příčinou pohlavní výběr. Naopak nejmenší zobáky mají jedinci *C. oritis* z lokality Rumpi Hills a také na lokalitě Oku, kde mají kratší zobáky i jedinci *C. reichenowi*. Velké mezilokalitní rozdíly mohou být zapříčiněny právě rozdílem ve druhovém složení rostlin jednotlivých lokalit. Na lokalitě Oku se nevyskytuje endemická netykavka *Impatiens hians*, která je typická svým velmi prodlouženým květem (Janeček et al. 2015). Absence této rostliny může být podle Janeček et al. (2015) příčinnou velmi zkráceného rozměru zobáku na této lokalitě u *C. oritis* (Janeček et al. 2015). Délka zobáku se u *Cinnyris reichenowi* má stejně krátký zobák jako na Oku i na

ostrově Bioko. Geografická variabilita v délce zobáku může být i velmi výrazná. Druh *strdimila Nectarinia jugularis* dokonce vykazuje geografickou variabilitu v délce zobáku, která mezi několika ostrovy činí až 8 mm (Paton & Collins 1989). Prodlouženou délku horní čelisti má na hoře Kamerun i bulbul horský *Andropadus tephrolaemus*, stejně jako na lokalitě Tchabal Mbabo, ležící severozápadně od lokality Oku (Smith et al. 2000). Krátký zobák je spolu s dobrými letovými schopnostmi u některých druhů kolibříků dáván do spojitosti s otevřenými lokalitami Feinsinger & Colwell (1978).

Cinnyris reichenowi je jediný druh, kde se podařilo prokázat rozdílné zakřivení zobáku, kdy mají jedinci na lokalitě Kupe odlišně zakřivený zobák než ostatní populace. Obzvláště významné je zakřivení zobáku z hlediska shody tvaru s živnou rostlinou, a to především na mezilokalitní a mezidruhově úrovni. *C. oritis* byla na hoře Kamerun pozorována na rostlině *Impatiens frithii*. *C. oritis* má shodné zakřivení zobáku jako jsou květy této rostliny, pouze je květ vertikálně otočen o 180°, než je tvar zobáku. Květy jsou navštěvovány v letu, kdy se květ při pokusu sát nektar otočí o potřebných 180° a pták tak nektar získá. Pro rostlinu se jedná o reprodukční bariéru z hlediska pozice umístění pylu na hlavě ptáka, který je umístěn pod zobákem. Naopak druhy, které tyto květy navštěvují v sedavé pozici, musí nektar sát hlavou dolů a pyl je tak umístěn na peří nad zobákem (Bartoš & Janeček 2014).

Podle některých studií má zakřivení zobáku značný ekologický význam z hlediska způsobu získávání potravy (Temeles et al. 2000, Temeles et al. 2010), například u kolibříků mají obvykle obě pohlaví zobáky spíše rovné, strdimilové naopak spíše zakřivený směrem dolů (Paton a Collins 1989). Rovný zobák může být výhodný z hlediska směřováním zobáku do korunní trubice při vířivém letu.

U *C. oritis* byla zaznamenána velká variace u znaků, které mají vliv na fitness jedinců (Smith et al. 2000). Výsledky uvedené v této práci ukazují různou míru mezilokalitního dimorfismu mnoha znaků. Výsledky práce se částečně shodují s výsledky Smith et al. (2000), kde byly u druhu *C. oritis* zaznamenány velké rozdíly u znaků, které ovlivňují fitness jedinců, jako je délka zobáku, ale zároveň nenašel průkazný rozdíl v tělesné hmotnosti, délce běháku ani délce křídla mezi horou Kamerun a ostatními lokalitami (Smith et al. 2000), což zde uvedené výsledky nepodporují (Cameroon a Bioko, Kupe a Oku). *C. reichenowi* se mezilokalitně neliší v délce křídel ani ocasních per. Jedinou výjimkou je rozdíl mezi nejdelšími ocasními pery na Oku a nejkratšími na Kupe. *Cyanomitra oritis* se mezilokalitně liší ve všech ostatních zkoumaných znacích kromě šířky zobáku a jeho zakřivení. Jedinci *C. oritis* mají nejkratší ocasní pera na lokalitě Rumpi Hills a Kupe, oproti všem ostatním lokalitám (Oku, Kamerun a ostrov Bioko). Lokalita Kupe a Rumpi Hills mají mezi sebou také nejmenší geografickou vzdálenost. Na lokalitě Rumpi Hills prokazuje nejmenší rozměry ve všech měřených znacích. Podobný jev u obou druhů může být zapříčiněn například v podobném typu

prostředí, tyto dvě lokality mají nejnížší nadmořskou výšku, lišit se tedy může vegetace co do struktury i druhů, lokality mají více lesní charakter. Podle Lack 1973 může být posun délky křídel i délka zobáku spojen s rozdělením prostoru jak z hlediska typu biotopu, nadmořské výšky, tak ve stejném výškovém pásmu, kde pak dochází k rozdělení rostlinných i živočišných potravních zdrojů. Tělesná velikost také do jisté míry koreluje se zvětšeným rozměrem ostatních tělesných znaků jako je délka křídla (Collins & Paton 1989). Mt. Oku je lokalita s výrazným stupněm odlesnění, a tedy i otevřeným prostorem. Lokalita Oku i Kamerun se navzájem průkazně neliší v délce ocasního ani křídel u obou druhů, pro *C. oritis* dokonce i s lokalitou Bioko, všechny tyto tři lokality mají nejvyšší nadmořskou výšku. Podle Smith 2011 se populace mohou lišit v rámci obývaných biotopů, jako u strdimila *Cyanomitra olivacea* (Smith 2011).

C. oritis na hoře Kamerun navštěvuje rostlinu *Impatiens frithii* v letu. *Impatiens frithii* je endemický druh, který byl poměrně nedávno popsán v Bakossi mountains kam patří i Mt. Kupe a z oblasti okolo hory Kamerun (Cheek & Csiba 2002). Na hoře Kamerun má populace delší křídla než na lokalitě Rumpi Hills i Kupe. Možnou příčinou může být právě čerpání nektaru v letu, které na hoře Kamerun pozoroval Bartoš & Janeček (2014). Kolibříci mají obecně delší křídla při stejné velikosti jako méně specializované druhy nektarivorních ptáků (Collins & Paton 1989), je tedy možné, že prodloužená křídla umožňují větší letové schopnosti. Průkazně nejkratší délku křídel mají populace lokalitě Rumpi Hills, a to oproti jedincům na všech ostatních lokalitách. Stejně tak se průkazně liší délka křídla na lokalitě Kupe od všech ostatních lokalit. Populace bulbula horského (*Andropadus tephrolaemus*) na hoře Kamerun dosahovala větší tělesné hmotnosti, délky křídla, běháků i ocasního peří (Smith et al. 2000). Významné nejen z hlediska délky křídel, zobáku, ale i tělesné hmotnosti je druhové složení lokálního společenstva. Podle Lack (1973) můžeme na každé lokalitě najít několik nektarivorních druhů, ty jsou vždy rozděleny do velikostních kategorií, které se liší právě délkou křídla a také zobáku, což umožňuje jejich koexistenci na různých potravních zdrojích, a to jak rostlinných, tak živočišných (Lack 1973). Potravní zdroje mohou být lokálně rozděleny i díky mezidruhové agresí, kde jeden druh vyhání druhu z možného sdíleného potravního zdroje, nebo v rozrůznění doby krmení (Riegert et al. 2011). Lokální změna druhového složení tedy může ovlivňovat posun znaků. Variabilita v morfologii různých znaků může být často výrazná v rámci lokálních podmínek prostředí, může se i více lišit například na ostrově s větší geografickou rozlohou, zatímco na malém může být morfologie znaků jednotnější, jako nalezl Feinsinger et al. (1985) u několika druhů kolibříků. Kolibříci s kratšími zobáky bývají často více teritoriální, také mývají větší rozměry končetin a často loví hmyz v letu (Feinsinger & Colwell 1978), vyšší míra teritoriality může mít za následek prodloužená křídla, obzvláště v oblastech chudších na potravní zdroje, prodloužená křídla stejně jako lov potravy v letu může zapříčinit i prodloužená ocasní pera jako je tomu například na lokalitě Oku.

Jedinci *C. reichenowi* stejně jako *C. oritis* na lokalitě Oku mají vyšší tělesnou hmotnost než jedinci na ostatních lokalitách. Pouze u *C. reichenowi* nevyšel rozdíl u mezi lokalitou Oku a Kupe průkazně, příčinnou je pravděpodobně velký rozptyl hodnot na lokalitě Oku a malý počet jedinců s uvedenou tělesnou hmotností na lokalitě Kupe. Na lokalitě Oku jsou jedinci větší o 17,2 až 36,3 %. Takto zásadní posun pravděpodobně není náhodný. Tělesná velikost může podle Rocca & Sazima (2010) souviset s metodou získávání nektaru. Tělesná velikost je ovlivněna fyziologickými vlastnostmi spojenými s nektarivorií, kdy jsou nektarivorní ptačí druhy obvykle poměrně malé, ale jsou větší než konkurenční druhy hmyzu, to platí především u kolibříků (Lack 1973, Rocca & Sazima 2010). Nejmenších rozměrů bývají nektarivorní druhy, které získávají nektar přímo v letu (Rocca & Sazima 2010) zatímco sedavé druhy jsou větší než ty, co se krmí bez usazení (Rocca & Sazima 2010). Menší tělesná hmotnost vzhledem k ostatním znakům *C. oritis* na Mt. Cameroon by mohla souviset s objeveným potravním chováním, které vyžaduje lepší letové schopnosti, zatímco tělesná hmotnost se u nektarivorních ptáků velmi mění v závislosti na mnoha faktorech jako je denní doba, aktuální kondice nebo sezóna (Collins & Paton 1989)

7 Závěr

Cílem této práce bylo popsat morfologii a vnitrodruhovou variabilitu tří málo prozkoumaných druhů na základě muzejních a terénních dat. Na základě těchto výsledků se v této práci podařilo odpovědět na výzkumné otázky následujícím způsobem.

Všechny výsledky poukazují na velkou míru pohlavního dimorfismu jak pro druhy celkově, tak na jednotlivých lokalitách. U těchto tří druhů jsou samci větší než samice a liší se vždy v délce křídel, ocasních per a délce zobáku. V těchto třech znacích se pohlavně liší i na některých lokalitách. Nejvíce pohlavně dimorfní je druh *C. reichenowi*, kde jsou některé lokální populace pohlavně dimorfní také v délce běháku a jako jediný druh také v šířce i výšce zobáku. Příčinou pohlavních rozdílů jsou pravděpodobně odlišné pohlavní role ve smyslu zvýšené teritoriality samců, která zvýhodňuje jejich větší velikost, stejně jako možné rozdělení potravních nik.

Podařilo se prokázat také geografickou variabilitu populací těchto druhů, která je neméně podstatná. Z důvodu nedostatku dat byl z této analýzy vyškrtnut druh *C. bouvieri*. Výsledky pro druhy *C. reichenowi* a *C. oritis* však ukazují velký stupeň mezilokalitní variability vázané na různé morfologické znaky. Díky velkému stupni izolace a endemismu především v horských oblastech často můžeme na lokální úrovni najít zcela ojedinělé a zajímavé ekologické vztahy a souvislosti. V mnoha směrech výrazně morfologicky odlišné populace obou druhů nejdeme na hoře Kamerun, z čehož nejvýraznější je jistě prodloužená délka zobáku na této lokalitě. Mnohé morfologické odlišnosti zde mohou být zapříčiněny právě vysokým stupněm specializace v horských oblastech v kombinaci s endemickým zdrojem potravy a následné koevoluci. Výrazná je také mezilokalitní variabilita spojená s letovými schopnostmi, jako je délka křídla a ocasních per. Všechny pozorované pohlavní i mezilokalitní rozdíly naznačují výraznou prostorovou variabilitu ekologických faktorů všech třech druhů.

8 Seznam použité literatury

1. Aka, F. T. (2015). Depth of melt segregation below the Nyos maar-diatreme volcano (Cameroon, West Africa): major-trace element evidence and their bearing on the origin of CO₂ in Lake Nyos. In *Volcanic Lakes* (pp. 467-488). Springer Berlin Heidelberg.
2. Asaah, A. N., Yokoyama, T., Aka, F. T., Usui, T., Wirmvem, M. J., Tchamabe, B. C., ... & Hell, J. V. (2015). A comparative review of petrogenetic processes beneath the Cameroon Volcanic Line: Geochemical constraints. *Geoscience Frontiers*, 6(4), 557-570.
3. Bartoš, M., Janeček, Š., Padyšáková, E., Patáčová, E., Altman, J., Pešata, M., ... & Tropek, R. (2012). Nectar properties of the sunbird-pollinated plant *Impatiens sakeriana*: A comparison with six other co-flowering species. *South African Journal of Botany*, 78, 63-74.
4. Bartoš, M., & Janeček, Š. (2014). Pollinator-induced twisting of flowers sidesteps floral architecture constraints. *Current Biology*, 24(17), R793-R795.
5. Brown, J. H., Calder III, W. A., & Kodric-Brown, A. (1978). Correlates and consequences of body size in nectar-feeding birds. *American Zoologist*, 18(4), 687-738.
6. Carpenter, F. L. (1978). A spectrum of nectar-eater communities. *American Zoologist*, 18(4), 809-819.
7. Carpenter, F. L., Paton, D. C., & Hixon, M. A. (1983). Weight gain and adjustment of feeding territory size in migrant hummingbirds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80(23), 7259-7263.
8. Carstensen, D. W., Sweeny, R., Ehlers, B., & Olesen, J. M. (2011). Coexistence and habitat preference of two honeyeaters and a sunbird on Lombok, Indonesia. *Biotropica*, 43(3), 351-356.
9. Collar, N. J., & Stuart, S. N. (1985). Threatened birds of Africa and related islands. International Council for Bird Preservation.
10. Collins, B. G., & Paton, D. C. (1989). Consequences of differences in body mass, wing length and leg morphology for nectar-feeding birds. *Austral Ecology*, 14(3), 269-289.
11. Cotton, P. A. (1998). Coevolution in an Amazonian hummingbird-plant community. *Ibis*, 140(4), 639-646.
12. DeLancey, M. D., Mbuh, R., & DeLancey, M. W. (2010). Historical dictionary of the Republic of Cameroon. Scarecrow Press.
13. del Val, J. P., & Pérez, A. R. (1996). Las aves de Bioko, Guinea Ecuatorial: guía de campo. Edilesa.
14. Dragulescu, A. A., Dragulescu, M. A. A., & Provide, R. (2012). Package 'xlsx'. *Cell*, 9(1).

15. Devictor, V., Clavel, J., Julliard, R., Lavergne, S., Mouillot, D., Thuiller, W., ... & Mouquet, N. (2010). Defining and measuring ecological specialization. *Journal of Applied Ecology*, 47(1), 15-25.
16. Feinsinger, P. (1976). Organization of a tropical guild of nectarivorous birds. *Ecological monographs*, 46(3), 257-291.
17. Feinsinger, P., & Colwell, R. K. (1978). Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *American Zoologist*, 18(4), 779-795.
18. Feinsinger, P., Swarm, L. A., & Wolfe, J. A. (1985). Nectar-feeding birds on Trinidad and Tobago: comparison of diverse and depauperate guilds. *Ecological Monographs*, 55(1), 1-28.
19. Fleming, T. (2005). The relationship between species richness of vertebrate mutualists and their food plants in tropical and subtropical communities differs among hemispheres. *Oikos*, 111(3), 556-562.
20. Fleming, T. H., & Muchhala, N. (2008). Nectar-feeding bird and bat niches in two worlds: pantropical comparisons of vertebrate pollination systems. *Journal of Biogeography*, 35(5), 764-780.
21. Freeman, B. (2014). Sexual niche partitioning in two species of New Guinean *Pachycephala* whistlers. *Journal of Field Ornithology*, 85(1), 23-30.
22. Forboseh, P. F., Keming, E. C., Toh, C. L., & Wultof, I. N. (2003). Monitoring of Kilum-Ijim forest bird communities: initial findings. *Bird Conservation International*, 13(3), 255-271.
23. Graham, C. H., Smith, T. B., & Languy, M. (2005). Current and historical factors influencing patterns of species richness and turnover of birds in the Gulf of Guinea highlands. *Journal of Biogeography*, 32(8), 1371-1384.
24. Green, G. H. (1980). Decrease in wing length of skins of Ringed Plover and Dunlin. *Ringed & Migration*, 3(1), 27-28.
25. Geerts, S., & Pauw, A. (2009). Hyper-specialization for long-billed bird pollination in a guild of South African plants: the Malachite Sunbird pollination syndrome. *South African Journal of Botany*, 75(4), 699-706.
26. Gill, F. B., & Wolf, L. L. (1975). Economics of feeding territoriality in the golden-winged sunbird. *Ecology*, 56(2), 333-345.
27. Gill, F. B., & Wolf, L. L. (1978). Comparative foraging efficiencies of some montane sunbirds in Kenya. *The Condor*, 80(4), 391-400.
28. Githaiga-Mwicigi, J. M., Fairbanks, D. H., & Midgley, G. (2002). Hierarchical processes define spatial pattern of avian assemblages restricted and endemic to the arid Karoo, South Africa. *Journal of Biogeography*, 29(8), 1067-1087.

29. Chaves, J. A., Pollinger, J. P., Smith, T. B., & LeBuhn, G. (2007). The role of geography and ecology in shaping the phylogeography of the speckled hummingbird (*Adelomyia melanogenys*) in Ecuador. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43(3), 795-807.
30. Cheke, R. A., & Mann, C. F. illustrated by R. Allen. 2001. *Sunbirds. A guide to the sunbirds, flowerpeckers, spiderhunters and sugarbirds of the world.*
31. Cheek, M., & Csiba, L. (2002). A new epiphytic species of *Impatiens* (Balsaminaceae) from western Cameroon. *Kew bulletin*, 669-674.
32. Janeček, Š., Bartoš, M., & Njabo, K. Y. (2015). Convergent evolution of sunbird pollination systems of *Impatiens* species in tropical Africa and hummingbird systems of the New World. *Biological journal of the Linnean Society*, 115(1), 127-133.
33. Janeček, Š., Patáčová, E., Bartoš, M., Padyšáková, E., Spitzer, L., & Tropek, R. (2011). Hovering sunbirds in the Old World: occasional behaviour or evolutionary trend?. *Oikos*, 120(2), 178-183.
34. Jones, P. J. (1994). Biodiversity in the Gulf of Guinea: an overview. *Biodiversity and conservation*, 3(9), 772-784.
35. Knox, A. (1980). Post-mortem changes in wing-lengths and wing-formulae. *Ringling & Migration*, 3(1), 29-31.
36. Kramer, G. (1975). Nischentrennung beim grünkopfnektarvogel (*Cyanomitra verticalis*) und bronzenektarvogel (*Nectarinia kilimensis*) (Fam. Nectarinidae, Aves) im kivuhochland (Republik Zaire, Afrika). *Oecologia*, 20(2), 143-156.
37. Lack, D. (1973). The numbers of species of hummingbirds in the West Indies. *Evolution*, 27(2), 326-337.
38. Lara, C., Pérez, B., Castillo-Guevara, C., & Serrano-Meneses, M. A. (2015). Niche partitioning among three tree-climbing bird species in subtropical mountain forest sites with different human disturbance. *Zoological Studies*, 54(1), 28.
39. Lara, C., & Ornelas, J. (2001). Preferential nectar robbing of flowers with long corollas: experimental studies of two hummingbird species visiting three plant species. *Oecologia*, 128(2), 263-273.
40. Lüdecke, D. (2015). *sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science—R Package Version 1.8. 1.*
41. MacArthur, R. H. (1958). Population ecology of some warblers of northeastern coniferous forests. *Ecology*, 39(4), 599-619.
42. Maisels, F. G., Cheek, M., & Wild, C. (2000). Rare plants on Mount Oku summit, Cameroon. *Oryx*, 34(2), 136-140.

43. Mann, C. F., & Cheke, R. A. (2010). Sunbirds: a guide to the sunbirds, flowerpeckers, spiderhunters and sugarbirds of the world. Bloomsbury Publishing.
44. Marzoli, A., Aka, F. T., Merle, R., Callegaro, S., & N'ni, J. (2015). Deep to shallow crustal differentiation of within-plate alkaline magmatism at Mt. Bambouto volcano, Cameroon Line. *Lithos*, 220, 272-288.
45. Neba, A. S. (1987). Modern geography of the Republic of Cameroon. Neba publishers.
46. Neuwirth, E. (2011). RColorBrewer: ColorBrewer palettes. R package version 1.0-5. Retrieved 4 January, 2014.
47. Oindo, B. O., De By, R. A., & Skidmore, A. K. (2001). Environmental factors influencing bird species diversity in Kenya. *African Journal of Ecology*, 39(3), 295-302.
48. Paton, D. C., & Collins, B. G. (1989). Bills and tongues of nectar-feeding birds: A review of morphology, function and performance, with intercontinental comparisons. *Austral Ecology*, 14(4), 473-506.
49. Pienkowski, M. W., & Minton, C. D. T. (1973). Wing length changes of the Knot with age and time since moult. *Bird Study*, 20(1), 63-68.
50. Radford, A. N., & Du Plessis, M. A. (2003). Bill dimorphism and foraging niche partitioning in the green woodhoopoe. *Journal of Animal Ecology*, 72(2), 258-269.
51. Rasband, W. S. (1997). Image J (Version 1.46) [software]. National Institutes of Health (NIH), Maryland, USA.
52. Recher, H. F., & Holmes, R. T. (2000). The foraging ecology of birds of eucalypt forest and woodland. I. Differences between males and females. *Emu*, 100(3), 205-215.
53. Reif, J., Sedláček, O., Hořák, D., Riegert, J., Pešata, M., Hrázský, Z., & Janeček, S. (2007). Habitat preferences of birds in a montane forest mosaic in the Bamenda Highlands, Cameroon. *Ostrich-Journal of African Ornithology*, 78(1), 31-36.
54. Reichenow, A. (1913). Die vögel: handbuch der systematischen ornithologie (Vol. 1). F. Enke.
55. Riegert, J., Fainová, D., Antczak, M., Sedláček, O., Hořák, D., Reif, J., & Pešata, M. (2011). Food niche differentiation in two syntopic sunbird species: a case study from the Cameroon Mountains. *Journal of ornithology*, 152(4), 819-825.
56. Rocca, M. A., & Sazima, M. (2010). Beyond hummingbird-flowers: the other side of ornithophily in the Neotropics. *Oecologia Australis*, 14(1), 67-99.
57. Selander, R. K. (1966). Sexual dimorphism and differential niche utilization in birds. *The Condor*, 68(2), 113-151.
58. Campbell, B. G. (Ed.). (1972). Sexual selection and the descent of man, 1871-1971 (pp. 87-104). Heinemann.

59. Shine, R. (1989). Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64(4), 419-461.
60. Schlamowitz, R., Hainsworth, F. R., & Wolf, L. L. (1976). On the tongues of sunbirds. *The Condor*, 78(1), 104-107.
61. Smith, T. B. (1990). Natural selection on bill characters in the two bill morphs of the African finch *Pyrenestes ostrinus*. *Evolution*, 44(4), 832-842.
62. Smith, T. B., Wayne, R. K., Girman, D. J., & Bruford, M. W. (1997). A role for ecotones in generating rainforest biodiversity. *Science*, 276(5320), 1855-1857.
63. Smith, T. B., Calsbeek, R., Wayne, R. K., Holder, K. H., Pires, D., & Bardeleben, C. (2005). Testing alternative mechanisms of evolutionary divergence in an African rain forest passerine bird. *Journal of evolutionary biology*, 18(2), 257-268.
64. Smith, T. B., Holder, K., Girman, D., O'keefe, K., Larison, B., & Chan, Y. (2000). Comparative avian phylogeography of Cameroon and Equatorial Guinea mountains: implications for conservation. *Molecular Ecology*, 9(10), 1505-1516.
65. Smith, T. B. (1990). Natural selection on bill characters in the two bill morphs of the African finch *Pyrenestes ostrinus*. *Evolution*, 44(4), 832-842.
66. Smith, T. B., Thomassen, H. A., Freedman, A. H., Sehgal, R. N., Buermann, W., Saatchi, S., ... & Wayne, R. K. (2011). Patterns of divergence in the olive sunbird *Cyanomitra olivacea* (Aves: Nectariniidae) across the African rainforest-savanna ecotone. *Biological Journal of the Linnean Society*, 103(4), 821-835.
67. Stiles, F. G. (1981). Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 323-351.
68. Subramanya, S., & Radhamani, T. R. (1993). Pollination by birds and bats. *Current Science*, 201-209.
69. Suh, C. E., Ayonghe, S. N., Sparks, R. S. J., Annen, C., Fitton, J. G., Nana, R., & Luckman, A. (2003). The 1999 and 2000 eruptions of Mount Cameroon: eruption behaviour and petrochemistry of lava. *Bulletin of Volcanology*, 65(4), 267-281.
70. Symes, C. T. (2009). *Handbook of the Birds of the World. Volume 13: Penduline-tits to Shrikes*.
71. Temeles, E. J., Pan, I. L., Brennan, J. L., & Horwitt, J. N. (2000). Evidence for ecological causation of sexual dimorphism in a hummingbird. *Science*, 289(5478), 441-443.
72. Temeles, E. J., Koulouris, C. R., Sander, S. E., & Kress, W. J. (2009). Effect of flower shape and size on foraging performance and trade-offs in a tropical hummingbird. *Ecology*, 90(5), 1147-1161.

73. Temeles, E. J., Miller, J. S., & Rifkin, J. L. (2010). Evolution of sexual dimorphism in bill size and shape of hermit hummingbirds (Phaethornithinae): a role for ecological causation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 365(1543), 1053-1063.
74. Temeles, E. J., & Roberts, W. M. (1993). Effect of sexual dimorphism in bill length on foraging behavior: an experimental analysis of hummingbirds. *Oecologia*, 94(1), 87-94.
75. Totterman, S. L. (2016). Random measurement error and specimen shrinkage in Short-tailed Shearwaters *Puffinus tenuirostris*. *Marine Ornithology*, 44, 11-20.
76. Toteu, S. F., Penaye, J., & Djomani, Y. P. (2004). Geodynamic evolution of the Pan-African belt in central Africa with special reference to Cameroon. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 41(1), 73-85.
77. Vu, V. Q. (2016). Ggbiplot: A ggplot2 based biplot. R package version 0.55. 2011.
78. Wei, T., & Simko, V. (2013). corplot: Visualization of a correlation matrix. R package version 0.73, 230(231), 11.
79. Wethington, S. M., & Russell, S. M. (2003). The seasonal distribution and abundance of hummingbirds in oak woodland and riparian communities in southeastern Arizona. *The Condor*, 105(3), 484-495.
80. Wickham, H. (2016). ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer.
81. Wickham, H., & Chang, W. (2015). devtools: tools to make developing R packages easier. R package version, 1(0).
82. Yanega, G. M., & Rubega, M. A. (2004). Feeding mechanisms: hummingbird jaw bends to aid insect capture. *Nature*, 428(6983), 615-615.
83. Yokoyama, T., Aka, F. T., Kusakabe, M., & Nakamura, E. (2007). Plume–lithosphere interaction beneath Mt. Cameroon volcano, West Africa: Constraints from 238 U–230 Th–226 Ra and Sr–Nd–Pb isotope systematics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71(7), 1835-1854.
84. Zanata, T. B., Dalsgaard, B., Passos, F. C., Cotton, P. A., Roper, J. J., Maruyama, P. K., ... & Franklin, D. C. (2017). Global patterns of interaction specialization in bird–flower networks. *Journal of Biogeography*, 44(8), 1891-1910.
85. Zafra-Calvo, N., Cerro, R., Fuller, T., Lobo, J. M., Rodríguez, M. Á., & Sarkar, S. (2010). Prioritizing areas for conservation and vegetation restoration in post-agricultural landscapes: A Biosphere Reserve plan for Bioko, Equatorial Guinea. *Biological Conservation*, 143(3), 787-794.